



Instituto de Geografia e Ordenamento do Território

## **Análise do Risco de Incêndios Urbanos no Município de Maputo em Moçambique**

**Rodrigues Nhiane Cumbane**

Doutoramento em Território, Risco e Políticas Públicas

2015



Instituto de Geografia e Ordenamento do Território

## **Análise do Risco de Incêndios Urbanos no Município de Maputo em Moçambique**

**Rodrigues Nhiane Cumbane**

Tese orientada pelo Prof. Doutor José Luís Gonçalves Moreira da Silva Zêzere, especialmente elaborada para a obtenção do grau de doutor em Território, Risco e Políticas Públicas

Esta tese foi financiada pelo Camões – Instituto da Cooperação e da Língua, I.P., sob a forma de bolsa de Doutoramento 2011/2015.



## **Agradecimentos**

A realização desta tese contou com apoio de pessoas e instituições que sem a sua participação não seria possível lograr os objetivos traçados. Assim cumpre agradecer:

Ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa pelo acolhimento e oportunidade concedida para a minha formação.

Ao Camões – Instituto da Cooperação e da Língua, I.P., pela concessão da bolsa de doutoramento.

Ao Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, em especial ao Núcleo RISKam pela hospitalidade durante a fase de investigação, permitindo interação com os seus investigadores.

À Academia de Ciências Policiais e ao Ministério do Interior de Moçambique, meus patronos, pela bolsa de estudos que permitiu viagens para e de Lisboa no decurso da investigação.

Ao Serviço Nacional de Salvação Pública de Moçambique pela abertura que demonstrou e apoio na busca de dados.

Ao Concelho Municipal de Maputo por ter aceitado e apoiado a recolha de dados junto aos bairros e pela disponibilização dos materiais de consulta;

Ao Instituto Nacional de Estatística de Moçambique, em especial ao Mestre Basílio Cubula, pelos dados disponibilizados e apoio no desenho da amostra;

Ao Arquivo Histórico de Moçambique por me ter aberto as portas para a consulta dos arquivos do Jornal Notícias.

Aos munícipes de Maputo, em especial aos dos bairros George Dimitrov, Maxaquene B e Central B, por terem prestado informações sobre os incêndios e permitido a

movimentação pelos quarteirões, bem como o acesso às suas residências sem reservas.

Singularmente, gostaria de agradecer imenso e com todo o coração ao meu Orientador, o Professor José Luís Zêzere pela orientação e encorajamento contínuos na pesquisa. A sua intervenção ultrapassou o papel de simples orientador, identificando-se com a investigação no seu todo e em cada fase de forma pormenorizada. Ao longo desses quase quatro anos o Professor Zêzere foi para mim um verdadeiro mestre ao conduzir a investigação com muito rigor, profissionalismo e simpatia que se reserva a poucas pessoas. “Khanimambo (obrigado) meu mestre e amigo és um grande ser humano”. Com ele partilho tudo de bom que se achar neste trabalho, sendo que, em contrapartida, os erros são da minha exclusiva responsabilidade.

Uma palavra muito especial à Professora Catarina Ramos pessoa dos meus primeiros contactos ainda em Maputo e quem me recebeu no IGOT, tendo-me dado luz que me guiou no resto do percurso.

Aos demais Professores do IGOT, do Centro de Estudos Sociais (CES) e do Instituto de Investigação Interdisciplinar (III) da Universidade de Coimbra, da Universidade de Aveiro, pelos conhecimentos transmitidos, um voto de reconhecimento.

Aos Professores e Investigadores do RISKam, Susana Pereira, Ricardo Garcia e Sérgio Oliveira pelo apoio desinteressado e simpatia sempre que foi preciso dar rumo aos meus mapas.

Aos meus colegas do Curso, Teresa, Maria, Sarah, Rita, Sérgio e Diego, uma palavra de companheiros da mesma trincheira, lutadores incansáveis e bons amigos.

Aos meus colegas e amigos de residência em Lisboa, Calado, Cubula, Chico, Aquino, Fernando e Arlindo, pelo calor humano e encorajamento nas longas noites partilhadas em branco.

Aos meus filhos Yune e Yítalla e a minha cara-metade Sanina, uma palavra feita de dívida, embora ciente que jamais a poderei pagar porque tamanha. Que se sintam amados, não haverá, realmente palavras para descrever o que vocês representam para mim, agradeço por aceitarem o sacrifício a que vos sujeitei com a minha longa ausência, em especial aos meus filhos todos muito menores de idade, que não tinham como compreender a ausência do pai. Mais particularmente à Yítalla que nasceu na minha ausência, só quero que saibam que vos amo muito e que tudo quanto faço é por vocês.

Aos meus pais e irmãos por tudo o que me ensinaram.

Em suma, agradeço imenso a todos aqueles que direta ou indiretamente deram o seu contributo para que a presente tese saísse com menos imperfeições. Agradeço igualmente àqueles que, não me tendo ajudado, pelo menos não me atrapalharam.

Khanimambo!





## Índice Geral

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMO</b>	<b>XXIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XXV</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
Objeto e Problema de Investigação	1
Objetivos da tese	3
Hipóteses	3
Justificativa	7
<b>1. RISCO DE INCÊNDIOS URBANOS – ESTADO DA ARTE</b>	<b>9</b>
1.1 Conceitos Fundamentais	9
1.2 Modelo Conceptual do Risco	11
1.3 A complexidade da Vulnerabilidade	15
1.4 As Múltiplas Dimensões da Análise do Risco	21
1.5 Teorias do Fogo	24
1.6 Grandes Incêndios Urbanos	26
1.7 Metodologias para o Estudo do Risco de Incêndios Urbanos	27
1.7.1 Método de Gretener	28
1.7.2 Fire Risk Assessment Method for Engineering (FRAME)	30
1.7.3 Método ARICA	31

1.7.4	Metodologia de Avaliação do Risco de Incêndio Urbano (MARIU)-----	32
1.7.5	Outros Métodos de Análise do Risco de Incêndio em Edifícios -----	33
<b>1.8</b>	<b>As Causas dos Incêndios Urbanos -----</b>	<b>34</b>
<b>1.9</b>	<b>Estudos Anteriores de Risco de Incêndio Urbano na Escala Municipal ou Superior -----</b>	<b>42</b>
<b>1.10</b>	<b>Instrumentos de Gestão do Risco e Políticas Públicas -----</b>	<b>46</b>
1.10.1	Gestão do Risco de Incêndios Urbanos -----	48
1.10.2	Políticas Públicas de Gestão do Risco de Incêndios Urbanos em Moçambique-----	50
<b>2.</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO: MUNICÍPIO DE MAPUTO -----</b>	<b>53</b>
<b>2.1</b>	<b>Introdução -----</b>	<b>53</b>
<b>2.2</b>	<b>População e Indicadores Demográficos do Município de Maputo -----</b>	<b>56</b>
2.2.1	Caracterização da população do Município ao nível dos bairros de cada distrito. -----	62
<b>2.3</b>	<b>Caracterização dos Bairros Selecionados-----</b>	<b>76</b>
2.3.1	Distribuição da população nos trinta e seis bairros estudados -----	81
<b>3.</b>	<b>MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS NA ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE MAPUTO-----</b>	<b>85</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução -----</b>	<b>85</b>
<b>3.2</b>	<b>Avaliação da Suscetibilidade com o Método do Valor Informativo-----</b>	<b>88</b>
<b>3.3</b>	<b>Uso da Regressão Logística na Determinação da Probabilidade Espacial -----</b>	<b>92</b>
<b>3.4</b>	<b>Técnicas de Validação da Suscetibilidade-----</b>	<b>93</b>
<b>3.5</b>	<b>Determinação da Probabilidade com o Modelo de Distribuição de Poisson -----</b>	<b>95</b>
<b>3.6</b>	<b>Avaliação da Vulnerabilidade Estrutural ou Territorial-----</b>	<b>98</b>
<b>3.7</b>	<b>Avaliação da Vulnerabilidade Social-----</b>	<b>100</b>
3.7.1	Procedimentos do desenho da amostra do Inquérito aos agregados familiares nos bairros George Dimitrov, Maxaquene B e Central B no Município de Maputo -----	100

3.7.2	Universo da amostra do inquérito aos agregados familiares nos três bairros do Município de Maputo -----	102
3.7.3	Dimensão e atribuição da amostra do estudo -----	103
3.7.4	Características do inquérito utilizado -----	105
<b>4.</b>	<b>ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO HISTÓRICO DE INCÊNDIOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE MAPUTO (1999 - 2012) -----</b>	<b>107</b>
4.1	Incêndios Validados e a sua Distribuição no Território Municipal -----	107
4.2	Evolução Temporal dos Incêndios-----	113
4.3	Distribuição Mensal dos Incêndios-----	115
4.4	Distribuição de Incêndios ao Longo do Dia -----	117
4.5	Fatores Desencadeantes dos Incêndios e Agentes Supressores -----	118
4.6	Tipo de Elementos Afetados por Incêndios-----	122
4.7	Vítimas e Danos Materiais Registados-----	124
<b>5.</b>	<b>SUSCETIBILIDADE A INCÊNDIOS URBANOS-----</b>	<b>127</b>
5.1	Introdução-----	127
5.2	Variáveis Condicionantes Utilizadas na Modelação da Suscetibilidade a Incêndios Urbanos ---	127
5.2.1	Dimensão do quarteirão-----	128
5.2.2	Tipologia da edificação dominante -----	130
5.2.3	Número de casas por quarteirão -----	130
5.2.4	Presença de instalações técnicas-----	130
5.2.5	Qualidade de instalações elétricas-----	133
5.2.6	Número de habitantes por quarteirão -----	134
5.2.7	Densidade populacional -----	137
5.2.8	Número de habitantes por casa -----	137
5.3	Modelo de Suscetibilidade 1: Valor Informativo com a Totalidade dos Quarteirões -----	140
5.3.1	Determinação de probabilidades <i>a priori</i> e condicionadas -----	142
5.3.2	Determinação dos Valores Informativos -----	155

5.3.3	Representação cartográfica da suscetibilidade a incêndios com os Valores Informativos e agregação dos resultados ao nível do Bairro	157
5.3.4	Validação dos resultados: Curva ROC de sucesso	163
<b>5.4</b>	<b>Modelo de Suscetibilidade 2: Valor Informativo com Grupo de Modelação</b>	<b>164</b>
5.4.1	Determinação de Probabilidades <i>a priori</i> e Condicionadas	166
5.4.2	Determinação dos Valores Informativos	175
5.4.3	Representação cartográfica da suscetibilidade a incêndios com os Valores Informativos e agregação dos resultados ao nível do Bairro	177
5.4.4	Validação dos resultados: curva ROC de predição	183
<b>5.5</b>	<b>Comparação dos Modelos de Suscetibilidade 1 e 2</b>	<b>185</b>
<b>5.6</b>	<b>Modelo de Suscetibilidade 3: Regressão Logística com a Totalidade dos Quarteirões</b>	<b>188</b>
5.6.1	Estimativa de coeficientes de regressão logística	188
5.6.2	Representação cartográfica da suscetibilidade e agregação dos resultados ao nível do Bairro	190
5.6.3	Validação do Modelo de Suscetibilidade 3: curvas ROC de sucesso – Regressão Logística	195
<b>6.</b>	<b>PERIGOSIDADE A INCÊNDIOS URBANOS NA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>197</b>
6.1	Probabilidade Temporal de Incêndios Urbanos nos Bairros do Município de Maputo	197
6.2	Probabilidade Temporal de Ocorrência de Incêndios em Residências nos Bairros do Município de Maputo	201
6.3	Probabilidade Temporal de Ocorrência de Incêndios ao Nível do Quarteirão	203
6.4	Representação Cartográfica da Perigosidade	206
<b>7.</b>	<b>VULNERABILIDADE ESTRUTURAL E RISCO ESPECÍFICO A INCÊNDIOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE MAPUTO</b>	<b>213</b>
7.1	Introdução	213
7.2	Variáveis Utilizadas na Avaliação da Vulnerabilidade Estrutural a Incêndios Urbanos	213
7.2.1	Distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros	214
7.2.2	Acessibilidade	216

7.2.3	Existência de estabelecimentos especiais-----	218
7.2.4	Existência de espaços de manobra-----	220
7.2.5	Existência de pontos de água-----	222
<b>7.3</b>	<b>Análise Multicritério para Ponderação das Variáveis Indicadoras da Vulnerabilidade Estrutural -----</b>	<b>224</b>
<b>7.4</b>	<b>Elaboração do Mapa da Vulnerabilidade Estrutural a Incêndios Urbanos e Agregação dos Resultados ao nível do Bairro -----</b>	<b>226</b>
<b>7.5</b>	<b>Análise do Risco Específico a Incêndios Urbanos no Município de Maputo -----</b>	<b>232</b>
<b>8.</b>	<b>VULNERABILIDADE AO RISCO DE INCÊNDIOS – PERSPETIVA SOCIAL--</b>	<b>239</b>
<b>8.1</b>	<b>Caracterização dos Bairros George Dimitrov, Maxaquene B e Central B quanto à Perigosidade, Vulnerabilidade Estrutural e Risco Específico-----</b>	<b>239</b>
<b>8.2</b>	<b>Variáveis de Estudo -----</b>	<b>240</b>
<b>8.3</b>	<b>Cobertura da Amostra do Estudo -----</b>	<b>241</b>
<b>8.4</b>	<b>Metodologia de Processamento de Dados -----</b>	<b>241</b>
<b>8.5</b>	<b>Resultados do Estudo da Vulnerabilidade no Bairro George Dimitrov-----</b>	<b>242</b>
8.5.1	Estrutura da população -----	242
8.5.2	Educação -----	243
8.5.3	Dimensão dos agregados familiares e presença de crianças menores de cinco anos de idade -----	245
8.5.4	Presença de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios -----	246
8.5.5	Fontes de energia para a cozinha e ocupação profissional -----	248
8.5.6	Ligações clandestinas de eletricidade e ocupação profissional -----	249
8.5.7	Capacidade de proteção e consciência do risco de incêndios -----	250
8.5.8	Memória do Risco -----	252
<b>8.6</b>	<b>Resultados do Estudo da Vulnerabilidade no Bairro Maxaquene B -----</b>	<b>254</b>
8.6.1	Estrutura da população -----	254
8.6.2	Educação -----	254

8.6.3	Dimensão dos agregados familiares e presença de crianças menores de cinco anos de idade -----	256
8.6.4	Presença de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios -----	257
8.6.5	Fontes de energia para a cozinha e ocupação profissional -----	258
8.6.6	Ligações clandestinas de eletricidade e ocupação profissional -----	258
8.6.7	Capacidade de proteção e consciência do risco de incêndios -----	259
8.6.8	Memória do risco -----	260
<b>8.7</b>	<b>Resultados do Estudo da Vulnerabilidade no Bairro Central B -----</b>	<b>262</b>
8.7.1	Estrutura da população -----	262
8.7.2	Educação -----	262
8.7.3	Dimensão dos agregados familiares e presença de crianças menores de cinco anos de idade -----	264
8.7.4	Presença de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios -----	265
8.7.5	Fontes de energia para a cozinha e ocupação profissional -----	266
8.7.6	Ligações clandestinas de eletricidade e ocupação profissional -----	267
8.7.7	Capacidade de proteção e consciência do risco de incêndios -----	268
8.7.8	Memória do risco -----	269
<b>8.8</b>	<b>Situação dos Três Bairros quanto à Vulnerabilidade Social -----</b>	<b>270</b>
8.8.1	Género e idade -----	271
8.8.2	Educação -----	273
8.8.3	Emprego -----	274
8.8.4	Ligações elétricas clandestinas -----	275
8.8.5	Fonte de energia para a cozinha -----	276
8.8.6	Capacidade de reação a incêndio -----	277
<b>9.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS -----</b>	<b>279</b>
<b>9.1</b>	<b>Perspetivas para Estudos Futuros -----</b>	<b>283</b>
<b>9.2</b>	<b>Possibilidade de Aplicabilidade Prática do Estudo -----</b>	<b>284</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</b>	<b>287</b>

## Índice de Figuras

Figura 1.1 – Modelo Conceptual do Risco (baseado em UNDRO, 1979; Varnes, 1984; Panizza, 1990).	- 14
Figura 1.2 – Representação das teorias: triângulo e tetraedro de fogo (extraído de Seito <i>et al.</i> , 2008).	-----25
Figura 1.3 – Modelo do risco de incêndio urbano na cidade de Hornsby Shire (extraído de Bhaskaran <i>et al.</i> , 2001).	-----43
Figura 1.4 – Modelo do risco de incêndios urbanos da cidade indiana de Kohima (extraído de Khatsu, 2005).	-----44
Figura 1.5 – Carta do Risco da Baixa Pombalina, Lisboa (extraído de Costa, 2009).	-----46
Figura 2.1 – Mapa de Moçambique (Fonte: Guia Geográfico Moçambique).	-----53
Figura 2.2 – Divisão administrativa do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de Maputo, 2011).	-----55
Figura 2.3 – Bairros da parte continental do Município de Maputo.	-----57
Figura 2.4 – Pirâmide etária da população do Município de Maputo (Conselho Municipal de Maputo, 2011).	-----59
Figura 2.5 – Representação gráfica das projeções da população do Município de Maputo por género para o período de 2007 – 2017 (Conselho Municipal de Maputo, 2011) - extrapolação dos dados do INE, 2007.	-----60
Figura 2.6 – Representação gráfica dos indicadores demográficos no Município de Maputo 2006, 2007 e 2011 (Conselho Municipal de Maputo, 2011).	-----61
Figura 2.7 – Número de habitantes por km <sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMpfumu (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).	-----64
Figura 2.8 – Número de habitantes por km <sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal de Nhlamankulu (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).	-----66
Figura 2.9 – Número de habitantes por km <sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMaxakeni (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).	-----68
Figura 2.10 – Número de habitantes por km <sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMavota (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).	-----70
Figura 2.11 – Número de habitantes por km <sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMubukwana (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).	-----73
Figura 2.12 – Número de habitantes por km <sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaTembe (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).	-----75
Figura 2.13 – Bairros da área de estudo.	-----77
Figura 2.14 – Quarteirões da área de estudo.	-----79
Figura 2.15 – Número de habitantes nos trinta e seis bairros estudados no Município do Maputo.	-----82

Figura 2.16 – Densidade populacional nos trinta e seis bairros estudados no Município do Maputo.--	84
Figura 3.1 – Definição gráfica do espaço envolvente de uma curva ROC (extraído de Oliveira, 2012).-	94
Figura 4.1 – Mapa dos quarteirões com incêndios validados no Município de Maputo. -----	108
Figura 4.2 – Distribuição do número de incêndios pela área de estudo. -----	112
Figura 4.3 – Evolução dos incêndios no Município de Maputo, de 1999 a 2012 (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).-----	114
Figura 4.4 – Representação gráfica da distribuição mensal das ocorrências de incêndios. -----	117
Figura 4.5 – Distribuição percentual dos incêndios ao longo do dia (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).-----	118
Figura 4.6 – Distribuição percentual dos incêndios por fator desencadeante (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).-----	120
Figura 4.7 – Distribuição anual das vítimas mortais provocadas por incêndios urbanos (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).-----	124
Figura 4.8 – Distribuição anual dos feridos devido a incêndios urbanos (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias). -----	125
Figura 5.1 – Representação espacial da variável “dimensão do quarteirão”.-----	129
Figura 5.2 – Representação espacial da variável “tipologia da edificação dominante”. -----	131
Figura 5.3 – Representação espacial da variável “número de casas por quarteirão”. -----	132
Figura 5.4 – Representação espacial da variável “presença de instalações técnicas”. -----	133
Figura 5.5 – Representação espacial da variável “qualidade de instalações elétricas”.-----	135
Figura 5.6 – Representação espacial da variável “número de habitantes por quarteirão”.-----	136
Figura 5.7 – Representação espacial da variável “densidade populacional”. -----	138
Figura 5.8 – Representação espacial da variável “número de habitantes por casa”. -----	139
Figura 5.9 – Quarteirões com histórico de recorrência de casos de incêndio. -----	141
Figura 5.10 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “dimensão do quarteirão”. -----	144
Figura 5.11 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “tipologia da edificação predominante”. -----	146
Figura 5.12 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de casas por quarteirão”. -----	147
Figura 5.13 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “existência de instalações técnicas”.-----	149
Figura 5.14 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “qualidade de instalações elétricas”. -----	150
Figura 5.15 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por quarteirão”. -----	151



Figura 5.16 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “densidade populacional”.	153
Figura 5.17 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por casa”.	154
Figura 5.18 – Níveis de suscetibilidade na área de estudo (Modelo 1 com todos os bairros com histórico de recorrência).	158
Figura 5.19 – Curva ROC de sucesso do Modelo de Suscetibilidade 1 construído com o Valor Informativo.	164
Figura 5.20 – Representação de bairros utilizados na modelação e na validação do Modelo de Suscetibilidade 2.	165
Figura 5.21 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “dimensão do bairro”. Ver figura 5.10 para decodificação das classes.	169
Figura 5.22 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “tipologia da edificação predominante”. Ver figura 5.11 para decodificação das classes.	169
Figura 5.23 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de casas por bairro”. Ver figura 5.12 para decodificação das classes.	170
Figura 5.24 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “existência de instalações técnicas”. Ver figura 5.13 para decodificação das classes.	171
Figura 5.25 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “qualidade de instalações elétricas”. Ver figura 5.14 para decodificação das classes.	172
Figura 5.26 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por bairro”. Ver figura 5.15 para decodificação das classes.	173
Figura 5.27 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “densidade populacional”. Ver figura 5.16 para decodificação das classes.	174
Figura 5.28 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por casa”. Ver figura 5.17 para decodificação das classes.	175
Figura 5.29 – Níveis de suscetibilidade na área de estudo (Modelo 2 com metade dos bairros com histórico de recorrência – Grupo de modelação).	178
Figura 5.30 – Curva ROC de predição utilizada na validação do Modelo de Suscetibilidade 2: Valor informativo com grupo de modelação.	184
Figura 5.31 – Curvas ROC de Sucesso e de Predição dos modelos de suscetibilidade 1 e 2, respetivamente.	185
Figura 5.32 – Distribuição das classes de suscetibilidade nos modelos de suscetibilidade 1 e 2.	186
Figura 5.33 – Mapa de suscetibilidade aos incêndios urbanos (Modelo de Suscetibilidade 3: Regressão Logística).	191

Figura 5.34 – Curvas ROC de sucesso dos modelos de suscetibilidade 1 (Valor Informativo) e 3 (Regressão Logística).-----	195
Figura 6.1 – Representação esquemática da perigosidade “onde e quando poderá registrar-se um incêndio”.-----	197
Figura 6.2 – Probabilidade anual de ocorrência de incêndios por quarteirão em Maputo.-----	204
Figura 6.3 – Probabilidade anual de ocorrência de incêndios nos quarteirões dos bairros do Município de Maputo.-----	205
Figura 6.4 – Mapa de perigosidade anual de incêndios por quarteirão no Município de Maputo.----	207
Figura 7.1 – Representação espacial da variável “distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros”.-----	215
Figura 7.2 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “distância tempo em relação ao quartel dos bombeiros”.-----	216
Figura 7.3 – Representação espacial da variável “acessibilidade”.-----	217
Figura 7.4 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “acessibilidade”.-----	218
Figura 7.5 – Representação espacial da variável “existência de estabelecimentos especiais”.-----	219
Figura 7.6 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “existência de estabelecimentos especiais”.-----	220
Figura 7.7 – Representação espacial da variável “existência de espaço de manobra”.-----	221
Figura 7.8 – Distribuição dos quarteirões pelas classes da variável “existência de espaço de manobra”.-----	222
Figura 7.9 – Representação espacial da variável “existência de pontos de água”.-----	223
Figura 7.10 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “existência de pontos de água”.-----	224
Figura 7.11 – Distribuição da vulnerabilidade a incêndios pelos bairros do Município de Maputo”. -	227
Figura 7.12 – Mapa do risco específico a incêndios urbanos no Município de Maputo.-----	233
Figura 8.1 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade.-----	244
Figura 8.2 – Distribuição percentual dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género.-----	245
Figura 8.3 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade.-----	255
Figura 8.4 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade.-----	256
Figura 8.5 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género. --	263
Figura 8.6 – Distribuição percentual dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género.-----	264
Figura 8.7 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros por grupo de idade.-----	272
Figura 8.8 – Distribuição dos inquiridos nos três bairros por género e idade.-----	272
Figura 8.9 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros por nível de escolaridade.-----	273

Figura 8.10 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros em função da situação de emprego. ....	274
Figura 8.11 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros que admitem a existência de ligações clandestinas de eletricidade. ....	275
Figura 8.12 – Distribuição percentual dos agregados familiares dos três bairros por tipo de fonte de energia utilizada na cozinha. ....	276
Figura 8.13 – Distribuição percentual dos agregados familiares dos três bairros pela capacidade de reação a incêndio. ....	277



## Índice de Tabelas

Tabela 1.1 – Tipos de vulnerabilidade (Fonte: Almeida, 2011).-----	16
Tabela 1.2 – Grandes Incêndios Mundiais por Continente entre 1900 e 2013 (EM-DAT, 2014).-----	26
Tabela 2.1 – Distritos e bairros do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de Maputo, 2011). -----	54
Tabela 2.2 – População do Município de Maputo e estrutura percentual por género segundo grupos de idade (INE, 2007).-----	58
Tabela 2.3 – Projeções da população do Município de Maputo por género para o período de 2007 – 2017 (Conselho Municipal de Maputo, 2011) - extrapolação dos dados do INE, 2007. -----	60
Tabela 2.4 – Indicadores demográficos no Município de Maputo 2006, 2007 e 2011 (Conselho Municipal de Maputo, 2011).-----	61
Tabela 2.5 – População do distrito municipal kaMpfumu por bairros (Conselho Municipal, 2010).-----	63
Tabela 2.6 – População do distrito municipal de Nhlamankulu por bairros (Conselho Municipal, 2010). -----	65
Tabela 2.7 – População do distrito municipal kaMaxakeni por bairros (Conselho Municipal, 2010). ---	67
Tabela 2.8 – População do distrito municipal kaMavota por bairros (Conselho Municipal, 2010).-----	69
Tabela 2.9 – População do distrito municipal kaMubukwana por bairros (Conselho Municipal, 2010).72	
Tabela 2.10 – População do distrito municipal kaTembe por bairros (Conselho Municipal, 2010). ----	74
Tabela 2.11 – População do distrito municipal kaNyaka por bairros (Conselho Municipal, 2010). -----	75
Tabela 2.12 – Distribuição dos quarteirões por bairros selecionados.-----	80
Tabela 3.1 – Matriz de variáveis para o cálculo do Valor Informativo. -----	91
Tabela 3.2 – Variáveis independentes e respetivas classes consideradas na Análise Multicritério para avaliação da vulnerabilidade estrutural dos quarteirões do Município de Maputo.-----	99
Tabela 3.3 – Universo populacional segundo o total de agregados familiares dos três bairros amostrais.-----	103
Tabela 3.4 – Dimensão e distribuição da amostra dos três bairros. -----	105
Tabela 3.5 – Questionário administrado aos agregados familiares da amostra na avaliação da vulnerabilidade social a incêndios em três bairros do Município de Maputo.-----	106
Tabela 4.1 – Distribuição das ocorrências de incêndios por bairros no Município de Maputo (fonte dos dados: livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).-----	109
Tabela 4.2 – Distribuição de incêndios ocorridos de 1999 a 2012 no Município de Maputo (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).-----	113
Tabela 4.3 – Distribuição das ocorrências pelos meses do ano (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).-----	116

Tabela 4.4 – Fatores desencadeantes dos incêndios no Município de Maputo de 1999 a 2012 (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias). -----	119
Tabela 4.5 – Tipo de elementos afetados pelos incêndios no Município de Maputo de 1999 a 2012 (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias). ----	123
Tabela 5.1 – Probabilidade <i>a priori</i> de recorrência de incêndios nos quarteirões de Maputo, considerando a totalidade dos quarteirões com histórico de recorrência de casos. -----	142
Tabela 5.2 – Probabilidades condicionadas obtidas para as classes dos fatores condicionantes considerando a totalidade dos quarteirões com histórico de recorrência de incêndios. Os valores a negrito destacam as classes que explicam melhor a distribuição espacial dos incêndios. ----	143
Tabela 5.3 – Valores Informativos obtidos para as classes dos fatores condicionantes a incêndios urbanos na área de estudo – Modelo de Suscetibilidade 1. A negrito estão assinalados os valores informativos mais significativos. -----	156
Tabela 5.4 – Quarteirões por nível de suscetibilidade: Modelo 1. -----	159
Tabela 5.5 – Suscetibilidade aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de suscetibilidade – Modelo 1. -----	161
Tabela 5.6 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização da suscetibilidade a incêndios urbanos – Modelo 1. -----	162
Tabela 5.7 – Probabilidade <i>a priori</i> de ocorrência de incêndios nos quarteirões do Município de Maputo considerando metade dos quarteirões com recorrência de casos (Grupo de modelação).-----	166
Tabela 5.8 – Probabilidades condicionadas obtidas para as classes dos fatores de predisposição considerando metade dos quarteirões com histórico de recorrência de incêndios (Grupo de modelação). Os valores a negrito destacam as classes que explicam melhor a distribuição espacial dos incêndios. -----	167
Tabela 5.9 – Valores Informativos obtidos para as classes dos fatores de predisposição a incêndios urbanos na área de estudo – Modelo de Suscetibilidade 2. A negrito estão assinalados os valores informativos mais significativos. -----	176
Tabela 5.10 – Quarteirões por nível de suscetibilidade: Modelo 2. -----	179
Tabela 5.11 – Suscetibilidade aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de suscetibilidade – Modelo 2. -----	180
Tabela 5.12 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização da suscetibilidade a incêndios urbanos – Modelo 2. -----	183
Tabela 5.13 – Matriz de contingência dos quarteirões inseridos nas classes de suscetibilidade nos modelos 1 e 2. -----	187
Tabela 5.14 – Coeficientes do Modelo de Suscetibilidade 3 (Método de Regressão Logística). A negrito estão assinalados os resultados mais significativos. -----	189

Tabela 5.15 – Quarteirões por nível de suscetibilidade: Modelo 3. ....	192
Tabela 5.16 – Suscetibilidade aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de suscetibilidade – Modelo 3. ....	193
Tabela 5.17 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização da suscetibilidade a incêndios urbanos – Modelo 3. ....	194
Tabela 6.1 –Taxa de Recorrência ( $\lambda$ ) de incêndios por bairro em 14 anos. ....	199
Tabela 6.2 – Probabilidade de ocorrência de incêndio em cada bairro do Município de Maputo em 1 e 5 anos. ....	200
Tabela 6.3 – Probabilidade de ocorrência de incêndio em residências em cada bairro do Município de Maputo em 1 e 5 anos. ....	202
Tabela 6.4 – Distribuição dos quarteirões da área de estudo pelas classes de probabilidade temporal consideradas. ....	206
Tabela 6.5 – Distribuição dos quarteirões da área de estudo pelas classes de perigosidade consideradas. ....	208
Tabela 6.6 – Perigosidade aos incêndios urbanos ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de perigosidade. ....	210
Tabela 6.7 – Hierarquização dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização (IH2) da perigosidade a incêndios urbanos. ....	211
Tabela 7.1 – Ponderação das variáveis e respetivas classes na Análise Multicritério para avaliação da vulnerabilidade estrutural dos quarteirões do Município de Maputo. ....	225
Tabela 7.2 – Número de quarteirões por classe de vulnerabilidade. ....	228
Tabela 7.3 – Vulnerabilidade estrutural aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de vulnerabilidade. ....	229
Tabela 7.4 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização (IH3) da vulnerabilidade estrutural a incêndios urbanos. ....	231
Tabela 7.5 – Nº de quarteirões por nível do risco específico. ....	234
Tabela 7.6 – Risco específico aos incêndios urbanos ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe do risco. ....	235
Tabela 7.7 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização (IH4) do risco específico de incêndios urbanos. ....	237
Tabela 8.1 – Posição dos três bairros na hierarquia da perigosidade, vulnerabilidade estrutural e risco específico no Município de Maputo. ....	240
Tabela 8.2 – Distribuição percentual dos agregados familiares abrangidos por bairro. ....	241
Tabela 8.3 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género. ....	243
Tabela 8.4 – Distribuição dos agregados familiares segundo a sua dimensão e presença de menores de cinco anos. ....	246

Tabela 8.5 – Distribuição dos agregados familiares segundo hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndio. -----	247
Tabela 8.6 – Distribuição dos agregados familiares segundo as medidas preventivas contra incêndios e hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro. -----	247
Tabela 8.7 – Distribuição percentual dos agregados familiares por tipo de fonte de energia utilizado para a cozinha e tipo de ocupação dos respetivos chefes. -----	249
Tabela 8.8 – Distribuição percentual dos agregados familiares considerando a existência de ligações clandestinas de eletricidade no bairro. -----	250
Tabela 8.9 – Preocupação com os incêndios e medidas preventivas. -----	251
Tabela 8.10 – Distribuição percentual dos agregados familiares por atitude perante um incêndio. --	252
Tabela 8.11 – Memória dos entrevistados sobre a ocorrência de incêndios no Município do Maputo. -----	253
Tabela 8.12 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género. -----	254
Tabela 8.13 – Distribuição dos agregados familiares segundo a sua dimensão e presença de menores de cinco anos. -----	256
Tabela 8.14 – Distribuição dos agregados familiares segundo hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios. -----	257
Tabela 8.15 – Distribuição dos agregados familiares segundo as medidas preventivas contra incêndios e hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro. -----	257
Tabela 8.16 – Distribuição percentual dos agregados familiares por tipo de fonte de energia utilizado para a cozinha e ocupação formal dos respetivos chefes. -----	258
Tabela 8.17 – Distribuição percentual dos agregados familiares considerando a existência de ligações clandestinas de eletricidade no bairro. -----	259
Tabela 8.18 – Preocupação com os incêndios e medidas preventivas. -----	259
Tabela 8.19 – Distribuição percentual dos agregados familiares por atitude perante um incêndio. --	260
Tabela 8.20 – Memória dos entrevistados sobre a ocorrência de incêndios no Município do Maputo. -----	261
Tabela 8.21 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género. -----	262
Tabela 8.22 – Distribuição dos agregados familiares segundo a sua dimensão e presença de menores de cinco anos. -----	265
Tabela 8.23 – Distribuição dos agregados familiares segundo hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios. -----	265
Tabela 8.24 – Distribuição dos agregados familiares segundo as medidas preventivas contra incêndios e hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro. -----	266
Tabela 8.25 – Distribuição percentual dos agregados familiares por tipo de fonte de energia utilizado para a cozinha e ocupação formal dos respetivos chefes. -----	267



<b>Tabela 8.26 – Distribuição percentual dos agregados familiares considerando a existência de ligações clandestinas de eletricidade no bairro. -----</b>	<b>267</b>
<b>Tabela 8.27 – Preocupação com os incêndios e medidas preventivas. -----</b>	<b>268</b>
<b>Tabela 8.28 – Distribuição percentual dos agregados familiares por atitude perante um incêndio. --</b>	<b>269</b>
<b>Tabela 8.29 – Memória dos entrevistados sobre a ocorrência de incêndios no Município do Maputo. -----</b>	<b>270</b>



## Resumo

Este trabalho analisa o risco de incêndios urbanos no Município de Maputo em Moçambique, com base em registos para o período de 1999 a 2012, o que compreende determinar as probabilidades temporal e espacial de ocorrência (Perigosidade) e uma análise da propensão humana e do território à exposição e da sua capacidade de resposta para impedir consequências danosas em caso de incêndios (Vulnerabilidade). Os modelos de suscetibilidade construídos através dos métodos do Valor Informativo e da Regressão Logística permitem concluir que a distribuição dos incêndios no Município de Maputo não é aleatória, sendo influenciada pelas seguintes condições: quarteirões com dimensão de pelo menos 10 hectares, com mais de 200 edifícios, com uma população superior a 1000 habitantes e uma densidade populacional entre 500 e 5000 hab/km<sup>2</sup>, com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços. Os incêndios são ainda favorecidos pela existência de pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho, bem como pela existência de problemas em instalações elétricas tais como equipamentos sem isolamento, potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente. Os resultados obtidos pelo modelo de Poisson mostram que as probabilidades de incêndio são maiores em bairros da zona mais antiga e de maior urbanização do Município devido ao seu forte histórico de recorrência de casos no passado. Os índices de vulnerabilidade estrutural são mais elevados em grande parte dos bairros suburbanos devido ao deficiente ordenamento territorial e fraca rede de serviços e infraestruturas públicas. A distribuição do risco específico é descontinuada entre e dentro dos bairros do Município, facto que é explicado pela heterogeneidade do território quanto aos fatores condicionantes e critérios considerados na avaliação da perigosidade e da vulnerabilidade estrutural. Os resultados do inquérito a agregados familiares em 3 bairros amostra revelam uma vulnerabilidade social elevada da população a incêndios.

**Palavras-chave:** Incêndios urbanos, Suscetibilidade, Perigosidade e Risco.



## **Abstract**

This thesis analyzes the risk of urban fire in the city of Maputo in Mozambique based on data from 1999 to 2012. It comprises the evaluation of temporal and spatial probability of fire occurrence (Hazard) and the analysis of the territory and human exposure as well as the human capacity to prevent harmful consequences in case of fire (Vulnerability). The susceptibility models constructed through the Informative Value and Logistic Regression shows that the wide spread of fire in the city of Maputo is not random. It is influenced by the following conditions: blocks with dimensions of at least 10 hectares, with more than 200 buildings which have a population of not more than 1000 inhabitants and a population density of 500 to 5000 inhabitants per km<sup>2</sup>, with a predominance of buildings of more than 2 floors for housing, commerce and services. The urban fire is also influenced by the existence of small factories that use welding as a tool, as well as by troubleshooting in electrical installations such as unprotected equipment, power consumed above the contracted power and bypasses in electric network. The Poisson model indicates that probability of fire is higher in the old urbanized zone of the city that has been recurrently affected by urban fire. In contrast, the structural fire vulnerability is higher along the suburban zone of the city due to poor land use planning, weak network of public services and infrastructure. The spatial distribution of specific risk is not homogeneous within the quarters of the Municipality, which is explained by the heterogeneity of the territory regarding the conditioning factors and criteria considered to assess susceptibility and structural vulnerability, respectively. Finally, the results obtained from the questionnaire performed in three neighborhood of the city showed the prevalence of a high social vulnerability to urban fire.

**Keywords:** Urban Fire, Susceptibility, Hazard and Risk.



# **Introdução**

## **Objeto e Problema de Investigação**

A segurança é uma expectativa e um direito das pessoas e cabe às autoridades públicas a criação de condições que possibilitem a sua efetiva realização através de formulação e implementação de políticas funcionais contra eventuais acontecimentos perigosos. Neste contexto, o conhecimento dos espaços suscetíveis à ocorrência de processos ou ações perigosos pode melhorar a capacidade de planeamento e intervenção sobre os mesmos, minimizando o grau do risco.

O objeto do presente trabalho é o risco de incêndios urbanos no Município de Maputo, no sul de Moçambique. Os incêndios urbanos constituem um dos perigos presentes no quotidiano, sendo que a sua ocorrência pode resultar na morte de pessoas, destruição de infraestruturas, interrupção de atividades, para além de efeitos sobre o ambiente. A adoção de políticas e a criação de instrumentos de gestão do risco de incêndios urbanos implica o conhecimento detalhado das áreas suscetíveis a este tipo de perigo e a avaliação das suas consequências potenciais, em função da vulnerabilidade dos elementos expostos nessas áreas (populações, infraestruturas e atividades desenvolvidas).

O facto de as cidades tendencialmente apresentarem melhores condições em infraestruturas sociais e oferta de oportunidades de emprego explica a concentração de pessoas nas zonas urbanas. Porém, a oferta limitada de terra, o alto custo de vida e a falta de políticas efetivas de ordenamento territorial e de habitação para responder ao crescimento populacional resultam, amiúde, no surgimento de bairros assolados pela pobreza urbana, com infraestruturas predominantemente precárias e com uma grande densidade populacional.

Em Moçambique, acresce-se aos fatores tradicionais das migrações campo-cidade, a guerra civil que afligiu o país durante 16 anos, assim como uma série de calamidades

naturais (secas, inundações) que agudizaram muito, as já de si precárias condições de vida nas zonas rurais, fazendo com que Maputo fosse o destino de eleição (Araújo, 2006, p. 3-4). Dados do Instituto Nacional de Estatística indicam que a população do Município de Maputo passou de 966.837 habitantes em 1997 para 1.094.315 habitantes em 2007. Em 2007, a densidade demográfica de Maputo era de 3.148 habitantes por km<sup>2</sup> (INE:2007). Paralelamente, o Município de Maputo apresenta um parque habitacional antigo e muitas vezes mal conservado, a que acresce a emergência de bairros de expansão urbana, por vezes informais e com elevados níveis de ocupação, precárias condições de saneamento, fraca rede de infraestruturas públicas, incluindo instalações elétricas vulneráveis, o que espelha a pobreza urbana. Considerando a tese de Seito *et al.* (2008) de que as ocorrências de incêndios são em maior número em regiões mais densamente povoadas, percebe-se do cenário de vulnerabilidade descrito que existe uma propensão para o Município de Maputo ser afetado por incêndios.

O risco de incêndio urbano tem sido, sobretudo, explorado numa perspetiva estrutural do edifício, nomeadamente no contexto da engenharia civil, onde o enfoque é a segurança do edifício desde a sua projeção, seleção dos materiais, construção e manutenção. Nesta tese, estuda-se o problema numa perspetiva e escala diferentes, a perspetiva espacial e a escala mais alargada (quarteirão e bairro), centrando-se na análise espaço-temporal de um inventário de incêndios urbanos para o território de um município.

Assim, a pesquisa realizada passou por aferir o seguinte:

1. De que maneira as ocorrências de incêndios se distribuem pelo Município de Maputo e que fatores condicionantes melhor explicam essa distribuição?
2. Qual é a probabilidade de uma certa área voltar a ser afetada por uma ocorrência de incêndio numa determinada janela temporal?



3. Qual é a propensão humana e estrutural do Município de Maputo para a exposição ao risco de incêndios e a sua capacidade para evitar consequências danosas em caso de ocorrência deste tipo de perigo?

### **Objetivos da tese**

O objetivo geral da tese consiste na análise do risco de incêndio no Município de Maputo. Especificamente pretende-se: (i) efetuar o levantamento e tratamento estatístico do histórico de ocorrências de incêndios em Maputo entre 1999 e 2012; (ii) identificar áreas com maior incidência histórica de ocorrência de incêndios; (iii) determinar a suscetibilidade de incêndios a nível do espaço municipal; (iv) identificar fatores condicionantes mais eficazes para explicar a distribuição espacial dos incêndios urbanos pelo Município; (v) calcular a probabilidade temporal de ocorrência futura de incêndios em cada quarteirão; (vi) calcular a vulnerabilidade estrutural e determinar o risco específico na escala do quarteirão; e (vii) analisar, por amostragem, a capacidade humana para evitar consequências danosas em caso de ocorrência de incêndios.

### **Hipóteses**

Considerando a revisão da literatura e a pesquisa de campo efetuadas, a primeira parte da presente investigação procurou responder às seguintes questões sobre o perigo de incêndios urbanos no Município de Maputo em Moçambique: “de que modo as ocorrências de incêndios se distribuem a nível do espaço urbano e qual é a probabilidade de uma certa área voltar a ser afetada numa determinada janela temporal”? Acioly & Dadson (1998) estabelecem uma relação direta entre a densidade de ocupação, acessibilidade e os incêndios urbanos. Para estes autores, áreas com elevado índice de densidade de ocupação, especialmente nas cidades africanas e

asiáticas, registam um elevado histórico de ocorrências de incêndios, tendo como causas principais as precárias condições habitacionais, as ligações clandestinas e improvisadas à rede de distribuição elétrica, e o uso indiscriminado e sem os devidos cuidados de madeira e carvão como fontes de energia.

As questões formuladas são particularmente relevantes para esta pesquisa, pelo facto do Município de Maputo possuir bairros com características que configuram os fatores constatados por vários estudos no domínio dos incêndios urbanos como condicionantes para este tipo de risco e não existirem, no entanto, estudos preditivos capazes de calcular a probabilidade de um certo bairro voltar a registar um incêndio num certo período, o que seria importante para sustentar a implementação de políticas de proteção civil.

Para além de Acioly & Dadson (1998) a primeira questão encontra sustentação em trabalhos mais recentes de Warda *et al.* (2004), Palomino (2001), Istre *et al.* (2001) e Santos *et al.* (2001). Os autores referidos defendem a existência de fatores que condicionam a ocorrência de incêndios em espaços urbanos, nomeadamente: as vias de acesso, o tipo de material de construção predominante no edificado, a existência de edifícios devolutos, a alta densidade das áreas edificadas (alta taxa de ocupação do lote) e a qualidade das instalações da rede de distribuição elétrica, pois estas características facilitam a propagação dos incêndios e impedem que os bombeiros alcancem facilmente os locais afetados.

Nesta perspetiva, a primeira hipótese de investigação é a seguinte: **hipótese 1** – “a incidência espacial dos incêndios urbanos no Município de Maputo não é aleatória, a sua distribuição é condicionada por um conjunto de fatores demográficos e infraestruturais. Conhecendo-se os fatores que condicionam a sua distribuição é possível, através dos métodos do Valor Informativo e da Regressão Logística, prever a localização de ocorrências futuras e determinar a importância relativa de cada fator na predição espacial dos incêndios.” Trata-se, por outras palavras, de procurar identificar

na área de estudo, quais as variáveis que têm mais capacidade explicativa na incidência espacial dos incêndios.

A base para testar a hipótese atrás formulada implica a sistematização de um inventário do histórico de ocorrências de incêndios no espaço em observação, num período temporal suficientemente alargado para ter significado estatístico, no caso, o período compreendido entre 1999 e 2012.

O uso do método do Valor Informativo, cujos detalhes são apresentados na secção (3.2), justifica-se pela eficácia que a sua utilização demonstrou em estudos de análise espacial em que uma variável dependente binária (presença/ausência) se relaciona com um conjunto de variáveis condicionantes independentes, como é o caso da avaliação da suscetibilidade a movimentos de vertente (Yan, 1988; Yin & Yan, 1988; Zêzere, 1997; Pereira, 2009; Guillard & Zêzere, 2012). No caso do presente estudo, a sua utilização é importante na medida que, sendo um método estatístico bivariado, permite aferir de forma muito precisa a relação entre a presença da variável e a presença de incêndio numa mesma unidade territorial. Por seu turno, a utilização da Regressão Logística justifica-se por duas razões fundamentais, primeiro porque tratando-se de um método estatístico multivariado tem em conta a presença simultânea de todas as variáveis consideradas, segundo porque este método permite uma leitura probabilística dos seus resultados, os quais se traduzem em valores entre 0 e 1, podendo ser lidos como probabilidades espaciais. Registe-se que a utilização dos métodos estatísticos do Valor Informativo e Regressão Logística na modelação da suscetibilidade a incêndios urbanos é ainda escassa.

A segunda hipótese, igualmente ancorada no histórico de ocorrências, é a seguinte: **hipótese 2** – “o conhecimento do histórico anual de ocorrência de incêndios urbanos num passado recente pode sustentar a determinação da probabilidade de uma certa unidade geográfica (eg. bairro ou quarteirão) registar um incêndio num certo intervalo temporal, utilizando o Modelo de Distribuição de Poisson.”

À semelhança dos métodos do Valor Informativo e Regressão Logística, a utilização do Modelo de Poisson para calcular a probabilidade de ocorrência dos incêndios no espaço urbano é ainda menos expressiva, conhecendo-se um trabalho de Lin (2005) que modelou incêndios em edifícios isolados em Taiwan e que concluiu da eficácia do método. Entretanto, o Modelo de Poisson tem sido utilizado com bons resultados em estudos preditivos na determinação da probabilidade de ocorrência de movimentos de vertente, (Croveli, 2000; Coe *et al.*, 2000; Roberds, 2005; Guzzetti, 2005), cheias (Yevjevich, 1972; Önöz & Bayazit, 2001), sismos (Anagnos & Kiremidjian, 1988) e erupções vulcânicas (Klein, 1982; Connor & Hill, 1995; Nathenson, 2001).

A segunda parte da pesquisa procura responder à seguinte questão: “qual é a propensão das populações e território do Município de Maputo para a exposição ao risco de incêndios e a sua capacidade para responder e evitar consequências em caso de ocorrência deste tipo de perigo”?

Trata-se, por um lado e segundo estudos de Leone & Vinet (2006) e de Almeida (2011), de avaliar os retornos de experiência sobre as capacidades de resposta, adaptações, comportamentos e suas consequências socioeconómicas e territoriais, a perceção das ameaças ou da memória do risco, o conhecimento dos meios de proteção e os tipos de comportamentos potenciais, vulnerabilidade social ou no sentido mais restrito proposto por Mendes e sua equipa, de criticidade. Por outro lado a verificação da capacidade de suporte, que significa valorizar a análise das infraestruturas presentes no território capazes de permitir às populações uma reação positiva em caso de ocorrência de incêndio (Mendes *et al.*, 2011).

A questão de investigação elaborada dá continuidade à primeira parte da pesquisa, introduzindo novos elementos. Assim, em relação à suscetibilidade dos espaços urbanos acrescenta-se a análise da vulnerabilidade e resiliência dos elementos expostos existentes no território estudado. Nesta perspetiva formula-se a **hipótese 3** – “existe uma propensão elevada do território e das populações para a exposição a

incêndios em Maputo, sendo fraca a capacidade de resposta da população para evitar consequências nefastas perante este tipo de perigo”.

### **Justificativa**

A justificativa para a escolha do tema e área de estudo é a ausência de estudos sobre a segurança contra incêndios urbanos em Moçambique, apesar do histórico de ocorrências e de existir um quadro contextual potencial para novos incêndios.

A relevância teórica do trabalho assenta no facto de constituir o primeiro estudo científico na área de incêndios urbanos em Moçambique, esperando-se que o mesmo venha a suscitar interesse pelo assunto e sirva de base para o debate académico nesta área. Portanto, a pesquisa pretende preencher uma lacuna existente na área de conhecimento do risco e abrir espaço para que mais trabalhos possam ser realizados com possibilidade de replicar o estudo noutras zonas urbanas com características semelhantes.

Um aspeto inovador é a utilização do modelo de Distribuição de Poisson, do Valor Informativo e Regressão Logística no estudo de incêndios urbanos, o que permite uma avaliação a uma escala municipal diferente da tradicional, que assenta em métodos com aplicação a escala de edifício.

Outra razão é a constatação de que as políticas e instrumentos de proteção civil a nível do Município de Maputo negligenciam a abordagem dos incêndios, não existindo um instrumento de referência que permita uma intervenção planificada e coerente em caso de uma ocorrência.

Assim, do ponto de vista prático, espera-se que o trabalho proporcione subsídios aos gestores públicos com vista a melhorar as políticas atuais e futuras, tendo em consideração as grandes linhas de governação do país e da agenda global no contexto

das nações. Pensamos que este trabalho pode servir como um instrumento de base para que os incêndios urbanos entrem finalmente na agenda pública em Moçambique e que sejam tidos em conta na formulação, decisão e implementação de políticas públicas a nível de ordenamento do espaço urbano municipal.

Depois de concluído, o trabalho será divulgado junto do Ministério do Interior de Moçambique e com a participação do autor espera-se que haja seguimento prático das propostas a serem apresentadas para que sirva de um real contributo para as políticas públicas locais, principalmente no domínio da proteção civil.

A escolha do Município de Maputo foi condicionada pelos seguintes fatores:

- Ser a capital e o maior centro urbano de Moçambique;
- Maior frequência de ocorrência de casos de incêndios mediatizados;
- Informação dos *medias* sobre a vulnerabilidade das infraestruturas edificadas em quase todos os bairros municipais.
- Conhecimento da realidade por parte do autor do trabalho.

## **1. Risco de Incêndios Urbanos – Estado da Arte**

No presente capítulo discutem-se os conceitos chave sobre os incêndios urbanos e o modelo conceptual do risco considerado para efeitos desta tese. Abordam-se igualmente a vulnerabilidade social e estrutural e as múltiplas dimensões da análise do risco, para de seguida se seleccionarem as perspectivas a partir das quais se estudou o risco de incêndios urbanos no Município de Maputo. O capítulo integra ainda a revisão da bibliografia de incêndios urbanos e a apresentação de métodos utilizados em estudos deste tipo de risco, um conjunto de variáveis consideradas em trabalhos científicos nesse domínio e uma referência a alguns dos mais marcantes casos da história mundial de segurança contra incêndios urbanos, cuja ocorrência terá impulsionado a adoção de políticas de gestão do risco neste domínio.

### **1.1 Conceitos Fundamentais**

Neste trabalho são usados os seguintes conceitos principais: incêndios urbanos, risco, perigosidade, suscetibilidade, elementos expostos e vulnerabilidade.

Entende-se por incêndio urbano a combustão sem controlo no espaço e no tempo, dos materiais combustíveis existentes em diversas infraestruturas ou instalações, provocando a sua destruição parcial ou total em ambiente urbano, fora de instalações industriais (Palomino, 2001; Castro & Abrantes, 2005).

O conceito do risco considerado neste trabalho é o expresso no Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal da Autoridade Nacional de Proteção Civil português (A.N.P.C) no qual se define risco como sendo a “probabilidade de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências

sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos” (Julião *et al.*, 2009).

Os conceitos de perigosidade, suscetibilidade e elementos expostos são igualmente adotados a partir da síntese proposta por Julião *et al.* (2009). Assim, a *perigosidade* é entendida como a probabilidade de ocorrência de um processo ou ação (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo; a *suscetibilidade* é a incidência espacial do perigo, sendo que representa a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência; enquanto os *elementos expostos* são representados pela população, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas potencialmente afetáveis por determinado processo perigoso num determinado território; (Julião *et al.*, 2009).

São igualmente abordados os conceitos de resiliência e perceção social do risco. O conceito de resiliência está ligado à vulnerabilidade e refere-se a um conjunto de capacidades que podem ser fomentados através de intervenções e políticas que ajudem a construir e melhorar a capacidade de uma comunidade para responder e recuperar dos efeitos de desastres (Cutter *et al.*, 2010).

A ligação entre os conceitos de vulnerabilidade e de resiliência é patente no trabalho de Cutter & Emrich (2006, p.103) no qual a vulnerabilidade social é definida como:

*“... the susceptibility of social groups to the impacts of hazards, as well as their resilience, or ability to adequately recover from them.”*

Por seu turno, Mendes *et al.* (2011, p.101), naquele que é o entendimento mais próximo do que se utiliza nesta tese, definem vulnerabilidade “como o nível de resiliência ou resistência dos indivíduos e comunidades quando expostos a processos ou



*acontecimentos danosos e resulta da conjugação da criticidade e da capacidade de suporte*". Estes autores introduzem dois subconceitos importantes na análise da vulnerabilidade, a criticidade que tem a ver com as características e comportamentos suscetíveis de contribuir na fraca capacidade de resposta a eventos perigosos; e a capacidade de suporte, relacionada com o conjunto de infraestruturas presentes no território capazes de permitir uma reação das comunidades perante ocorrência de perigos.

O conceito de percepção social é definido como sendo a "habilidade de interpretar uma situação de potencial dano à saúde ou à vida da pessoa, ou de terceiros, baseada em experiências anteriores e sua extrapolação para um momento futuro, habilidade esta que varia de uma vaga opinião a uma firme convicção" (Wiedemann, 1993, p.3).

Fischhoff *et al.* (1981) e Slovic (1987) afirmam que a percepção social do risco está relacionada com um conjunto de fatores cuja influência varia de um grupo social para o outro ou de uma cultura para a outra: a familiaridade com a fonte do risco, a aceitação voluntária do risco, a capacidade para controlar o grau do risco, o potencial catastrófico da fonte do risco, a certeza acerca do impacto do risco, o impacto do risco nas gerações futuras, a percepção social do perigo, a percepção da justiça na distribuição dos benefícios e riscos e a confiança nas fontes de informação.

## **1.2 Modelo Conceptual do Risco**

Do árabe *rizq* que significa "ração" ou do latim *risicum* ou *risiscus*, que significa, segundo Almeida (2011), perigo, ventura ou crise, etimologicamente a palavra risco é, muitas vezes, associada aos desafios encarados por navegadores gregos simbolizados na metáfora "dificuldades a evitar no mar", que significa raiz. Terá sido da evolução dessa metáfora e o posterior surgimento do sentido figurado de recife, ou penhasco e de corte que surge a palavra risco (Almeida, 2011).

O conceito do risco só se afirma a partir do período da renascença no ocidente e no contexto das perdas de mercadorias comercializadas, principalmente via marítima cujo ambiente histórico é largamente retratado pelo escritor William Shakespeare (Almeida, 2011, p. 32).

Entretanto, Adams (1995) considera que o termo "risco" a par do termo "incerteza" afirma-se com cariz científico a partir do trabalho clássico de Frank Knight (1921), no qual se anunciava que: *"if you don't know for sure what will happen, but you know the odds, that's risk, and if you don't even know the odds, that's uncertainty"* (Adams, 1995).

Por seu turno, vários autores afirmam que estudos sistemáticos de risco começam com o artigo *seminal* Chauncy Starr sobre o risco e voluntariedade em 1968 (Starr, 1969); outros datam o início no limiar de 1950 quando os programas de exploração espacial foram concebidos e ferramentas de análise probabilística de segurança foram desenvolvidas e implementadas (Kolluru, 1995). Há ainda quem associe o início da pesquisa de risco aos estudos de avaliação do primeiro risco químico em centrais de energia nuclear (Royal Society, 1992).

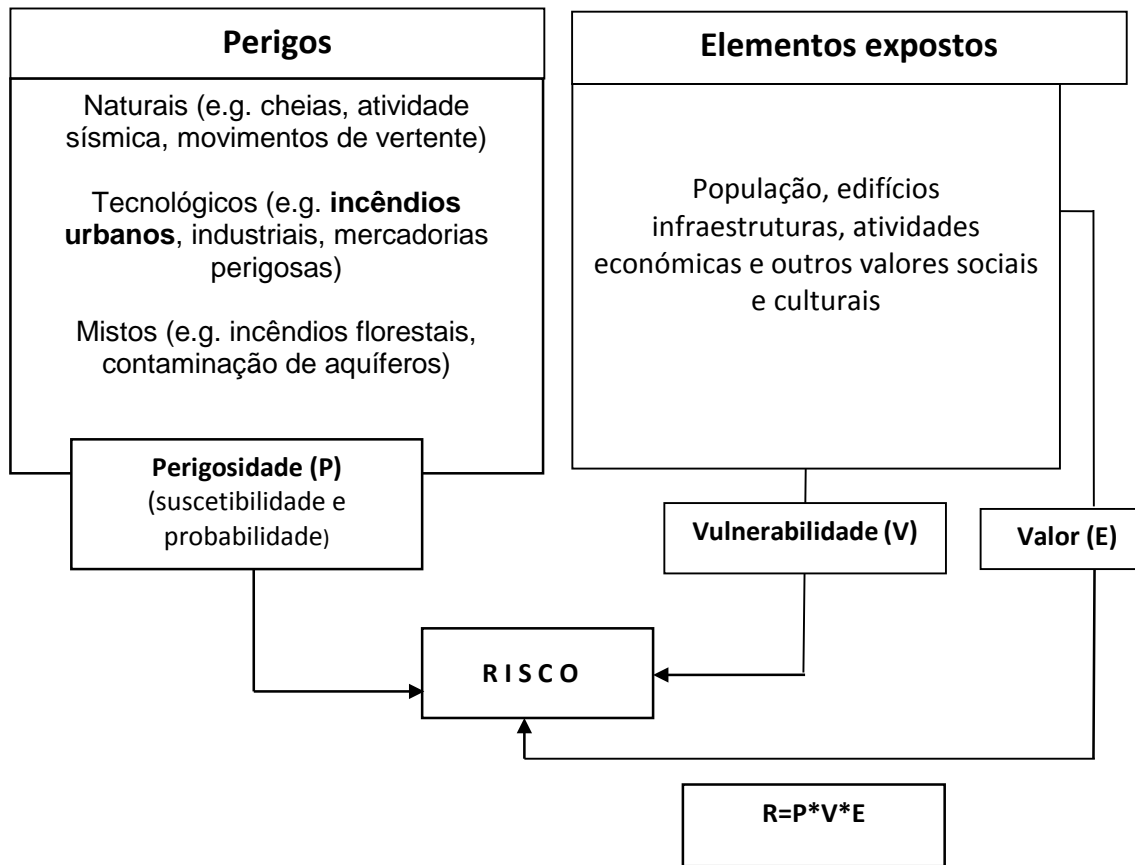
A busca de instrumentos técnico-científicos capazes de minimizar as consequências nefastas dos acidentes na mecânica e na eletricidade, surgidas principalmente na azáfama da revolução industrial; os modelos de decisão racional nos mercados financeiros; o uso industrial da energia nuclear são alguns dos mais importantes acontecimentos que assumem significativo protagonismo para o desenvolvimento mais recente da análise e gestão do risco (Almeida, 2011). Com efeito, a ocorrência de acidentes como em Seveso (1976), Mile Island (1979), Bhopal (1984), Challenger (1986) e Tchernobyl (1986) deu novo ímpeto na gestão operacional de risco entre finais do século XX e início do século XXI (Almeida, 2011).

Entretanto, independentemente das divergências em datas, o certo é que os riscos e as incertezas acompanham a história das sociedades desde a sua existência embora a

sua inserção no domínio científico seja relativamente recente. Igualmente, o interesse por esta área de conhecimento tem ganho maior importância nas sociedades modernas, a que (Beck, 1986, 1992) designou de sociedades de risco.

Aven & Renn (2010), partindo da discussão de múltiplas definições de risco descritas na literatura (e.g. Lowrance 1976; Kaplan & Garrick, 1981; Kaplan 1991; Graham & Weiner, 1995; Ale, 2002; Campbell, 2005; Willis, 2007; Aven 2007, 2008, 2009; Aven & Renn, 2009; Aven, 2010a), definem o risco como uma incerteza sobre a gravidade das consequências (ou resultados) de uma atividade com relação a algo de valor humano. De acordo com a perspectiva de Aven & Renn (2010), risco refere-se à definição de incerteza sobre uma ocorrência ou consequências de uma atividade vista em relação à sua gravidade, sendo esta estimada em função da intensidade, do tamanho, da extensão, do alcance e de outras medidas de potencial de magnitude, e é com respeito a algo que os seres humanos atribuem algum valor, como por exemplo a vida, a propriedade, o ambiente, o dinheiro.

Entretanto a definição oficial dos termos utilizados na avaliação do risco foi estabelecida numa convenção internacional organizada pela *United Nations Disaster Relief Coordinator* (UNDRO, 1979) e tem vindo a ser utilizada em vários estudos (e.g. UNDRO, 1979; Varnes, 1984; Panizza, 1990; Ramos & Reis, 2001; Zêzere *et al.*, 2006; Julião *et al.*, 2009; Aven & Renn, 2009, 2010). A figura 1.1 sintetiza o modelo conceptual oficial daí resultante e que é utilizado ao longo deste trabalho.



**Figura 1.1 – Modelo Conceptual do Risco (baseado em UNDRO, 1979; Varnes, 1984; Panizza, 1990).**

Adotado este modelo conceptual percebe-se que a mitigação do risco pode ser feita a partir da intervenção sobre qualquer um dos seus componentes (perigosidade, vulnerabilidade, valor dos elementos expostos), significando que o risco será nulo caso se elimine um destes três elementos (Zêzere *et al.* 2006).

### 1.3 A complexidade da Vulnerabilidade

A literatura destaca a complexidade do conceito de vulnerabilidade, uma vez que esta varia em função do espaço físico e entre e dentro de grupos sociais (multidimensional e diferencial); Adicionalmente, a vulnerabilidade varia conforme o tempo, espaço e unidades de análise (dependência escalar) e as suas características e forças motrizes mudam com o tempo (dinamismo) (Vogel & Obrien, 2004; Birkmann, 2006; Almeida, 2011).

Com apoio em Leone & Vinet (2006), Almeida (2011) identificou cinco tipos de vulnerabilidade aplicados ao estudo dos fenómenos naturais, que estão sistematizados na tabela 1.1.

Como foi referido na secção 1.1, nesta tese de doutoramento, aborda-se a vulnerabilidade na perspetiva estrutural (capacidade de suporte) e social (criticidade) nos termos propostos por Mendes *et al.* (2011).

Numa perspetiva estrutural a Guia Metodológica para Elaboração da Cartografia Municipal de Portugal considera vulnerabilidade como o grau de perda dos elementos expostos (pessoas, infraestruturas) em resultado de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso (neste caso, de incêndio), de certa severidade, numa escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total) (Julião *et al.*, 2009). A definição de Vulnerabilidade no sentido de “potencial para sofrer danos” (*proneness to be damaged*) refere-se ao potencial de um elemento particular para sofrer danos, destruição, disfunção, ou outras formas de perda” (Alexander, 2000).

Um dos principais fenómenos associados à vulnerabilidade é a pobreza, seja de indivíduos, comunidades ou países, sendo que os pobres são, em regra, mais vulneráveis aos processos ou ações perigosos (Leone & Vinet, 2006; Almeida, 2011). Na sua tese de doutoramento, Almeida (2010) concluiu que na América Latina,

sobretudo no Brasil, há tendência para coincidência entre os espaços mais expostos aos processos perigosos e os ocupados por populações socialmente vulneráveis.

**Tabela 1.1 – Tipos de vulnerabilidade (Fonte: Almeida, 2011).**

<b>TIPOS DE VULNERABILIDADE</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Vulnerabilidade física ou estrutural/territorial	Concentra-se na análise das construções, das redes de infraestrutura e do potencial de perdas humanas.
Vulnerabilidade humana ou social	Avalia os retornos de experiência sobre as capacidades de resposta, adaptações, comportamentos e suas consequências socioeconômicas e territoriais. Acrescenta-se ainda a percepção das ameaças ou da memória do risco, o conhecimento dos meios de proteção, os tipos de comportamentos potenciais.
Vulnerabilidade institucional	Trata da capacidade de resposta das instituições diante da crise; funciona como fator indireto da vulnerabilidade social.
Vulnerabilidade ambiental e patrimonial	Analisa os danos sobre os componentes ambientais: vegetação, solos, recursos hídricos, fauna, e aspetos culturais provocados por fenómenos naturais.
Vulnerabilidade funcional e económica	Avalia as disfunções no que tange às atividades económicas, ruturas nas redes de comunicação e transporte, entre outros.

Almeida (2011) aponta ainda como indicadores fundamentais da vulnerabilidade social, a idade, o género, a etnia, a incapacidade e o estatuto social. Para o autor, estas características, juntamente com a pobreza, são capazes de indicar se certas comunidades são relativamente mais propensas à perda e ao sofrimento em caso de ocorrência de um evento perigoso.

Tal como foi verificado, de entre outros, por Higgins *et al.* (2013) características ou estilo de vida do indivíduo podem influenciar na sua vulnerabilidade a incêndios urbanos. Estes autores encontraram relação entre a idade, estrutura familiar,

capacidade física e mental, preferência ou prática desportiva e qualidade de habitação. Estudos anteriores de Taylor *et al.* (2012) também concentraram a sua análise em fatores como tabagismo, morar sozinho, envelhecimento e comportamento social e buscaram relações entre estes fatores e a vulnerabilidade a incêndios. Refira-se que estes estudos trouxeram significativa contribuição no quadro teórico de avaliação da vulnerabilidade a incêndios urbanos, pois características ou estilos de vida das pessoas podem torná-las incapazes de se prevenir, lidar e recuperar de perigos. Entretanto, esta é apenas uma visão sobre o assunto, uma vez que a vulnerabilidade a incêndios urbanos é fortemente influenciada pelas condições sociais genéricas que as entidades públicas devem criar nas cidades para que as pessoas possam tornar-se mais resilientes, de entre as quais se destacam: melhores infraestruturas públicas como as vias de cesso, a rede de distribuição elétrica, de água e saneamento e o correto ordenamento urbano.

Em estudos de desastres naturais, vários autores defendem que fatores sociais como a pobreza, o baixo nível socioeconómico, o baixo nível de educação, a falta de acesso a cuidados médicos, e carência ou deficiência em infraestruturas públicas, favorecem a vulnerabilidade das pessoas ou comunidades (Cutter, 1996; Adger *et al.*, 2004; Lee, 2014). Esta constatação é igualmente válida para os incêndios urbanos, porque assentamentos urbanos sócio e economicamente pobres são normalmente expostos a incêndios, devido, por exemplo, a condições de habitação deplorável, a deficiente qualidade de rede de distribuição elétrica, a falta de acessos para a entrada de viaturas de socorro ou de bombeiros, situação visível em vários espaços dos bairros do Município de Maputo.

Outra dimensão de análise sobre as condições que influenciam a vulnerabilidade destaca entre fatores objetivos e subjetivos. A perspectiva objetivista, com a qual se identificam, de entre outros, Cutter *et al.* (2003) e Lee (2013), associa a vulnerabilidade à densidade populacional e infraestrutural, ao passo que a subjetivista relaciona a vulnerabilidade a fatores como a consciência sobre o perigo, a vontade de tomar

medidas para reduzir o impacto de um certo processo (ou ação) perigoso, e o nível de confiança das comunidades nas instituições sociais existentes na unidade territorial em causa (Tunstall *et al.*, 2007; Lee, 2013).

Embora diferentes, as dimensões analíticas aqui identificadas, não são, no entanto, mutuamente excludentes; a sua importância radica fundamentalmente na melhor operacionalização metodológica de pesquisas no domínio da vulnerabilidade.

É igualmente importante salientar que, como já foi referido, a avaliação da vulnerabilidade, quer seja física quer seja social, é largamente influenciada pela escala de análise e, conseqüentemente, algumas variáveis serão afetadas por esse fator. Portanto, a escala espacial deverá ser sempre considerada na identificação dos fatores de vulnerabilidade (Lee, 2013).

Como a vulnerabilidade relaciona-se com a capacidade de resposta aos eventos perigosos, vários estudos consideram quatro dimensões de indicadores na sua avaliação (Morrow, 1999; Cutter *et al.*, 2003; Adger *et al.*, 2004; Lee, 2013): características demográficas (idade, género, densidade populacional, taxa de natalidade, taxa de mortalidade infantil, capacidades físicas), características socioeconómicas (índice de desemprego, renda, educação), desenvolvimento das comunidades (pessoas que trabalham no setor primário, pessoas com casa arrendada ou com habitação temporária), e infraestruturas públicas (infraestruturas públicas e recursos pertencentes aos membros da comunidade local, eletricidade, água, saneamento). Estes fatores exercem forte influência na capacidade individual ou coletiva de resposta aos perigos, nomeadamente a incêndios urbanos.

No que tange às **características demográficas**, em países como Moçambique, devido às relações de género, questões culturais e tarefas de assistência familiar, as mulheres encontram-se em posição subalternizada em relação aos homens, limitando-se a sua capacidade de decisão, o que as torna mais vulneráveis. Adicionalmente, crianças e idosos são grupos de maior vulnerabilidade a desastres devido à sua limitada



mobilidade e até maturidade psíquica (para o caso das crianças). Por isso, famílias ou comunidades com membros desse grupo etário são potencialmente menos capazes de se prevenir, responder e recuperar perante a ocorrência de eventos perigosos. No caso dos incêndios urbanos, a presença de crianças é particularmente importante pois, para além de potenciar a vulnerabilidade, incrementa a probabilidade de ocorrer um incêndio caso tenham acesso a fósforos ou outras fontes de ignição. Com efeito, estudos de Bouchard & Fortin (2010), nos Estados Unidos da América, confirmam a relação entre a idade e a vulnerabilidade a incêndios, sendo que crianças e idosos representam mais de um terço das vítimas deste perigo.

Altas taxas de natalidade e de mortalidade infantil são problemas que caracterizam populações pobres onde o nível de educação é, geralmente, baixo e o acesso aos cuidados de saúde é muito limitado, situação verificada em Moçambique onde se situa a área de estudo. Por seu turno, maior densidade populacional implica maior consumo de energia, podendo esta ser gerada por lenha, velas, candeeiros, eletricidade, isto é, fontes importantes de perigo de incêndio urbano.

Bouchard & Fortin (2010) também chegaram à conclusão de que pessoas com capacidades físicas ou psíquicas limitadas são mais vulneráveis a incêndios, daí que a existência de pessoas portadoras de deficiências físicas é um fator que torna uma família ou comunidades potencialmente vulneráveis, devido à limitada mobilidade dessas pessoas e à sua consequente dependência no momento e no pós desastre.

Quanto às **características socioeconómicas**, o desemprego e a baixa renda podem significar dificuldades das pessoas em criar condições de antecipar, resistir e recuperar de eventos perigosos como um incêndio numa residência. Entretanto, a pobreza pode significar também que uma família ou comunidade possui poucos bens ou bens de valor económico baixo, o que, eventualmente, reduziria o nível de exposição desse tipo de elementos e teria influência na sua vulnerabilidade.

Em relação à educação, maior nível, em regra, significa melhor estatuto social e até económico, para além, obviamente, do conhecimento sobre melhores práticas de segurança contra eventos perigosos (Cutter *et al.*, 2003; Lee, 2013). Pelo contrário, a falta de educação não somente torna as pessoas com menos capacidade de responder a perigos, como limita os canais de obtenção de informação sobre a ocorrência de eventos perigosos (Lee, 2013).

Em relação ao nível de **desenvolvimento das comunidades**, maior percentagem de população ativa no sector primário pode indicar que o lugar é mais dependente do ambiente natural, limitando a possibilidade de desenvolvimento de setores com maior investimento no conhecimento e inovação.

A percentagem de pessoas que vivem em casas arrendadas ou com residências sazonais indica o nível de coesão social. Quanto maior for essa percentagem menor poderá ser a coesão social e ajuda mútua numa comunidade (bairro ou quarteirão), o que tem impacto negativo na capacidade de resposta a eventos perigosos (Lee, 2013). Há que realçar, no entanto, que a ocupação sazonal de residências pode exercer um efeito positivo na redução da vulnerabilidade caso ocorra um evento (ex. incêndio urbano) no período de desocupação das residências uma vez que não haverá vidas em risco nessas residências.

Para além da estrutura e características das populações, a análise da vulnerabilidade social considera igualmente a qualidade de infraestruturas públicas como a eletricidade, água e saneamento. Maior qualidade desse tipo de infraestruturas públicas indica menor vulnerabilidade social (Lee, 2013). Para o caso de incêndios urbanos a qualidade de instalações elétricas é um importante fator de risco.

Uma abordagem interessante para este trabalho é feita por Mendes *et al.* (2011), que dividem a análise da vulnerabilidade social em duas componentes: vulnerabilidade das populações, que designam por “criticidade”, e vulnerabilidade territorial denominada “capacidade de suporte”. Esta abordagem permite uma análise melhor estruturada da

vulnerabilidade e enquadra-se na perspectiva do presente trabalho na medida que se trata de, por um lado, analisar os elementos sociodemográficos que tornam as populações mais vulneráveis a incêndios urbanos e por outro, as características estruturais presentes no território dos bairros habitacionais que configuram fragilidades face ao tipo de perigo que se estuda.

#### **1.4 As Múltiplas Dimensões da Análise do Risco**

O risco pode ser analisado segundo várias perspetivas, nomeadamente: técnica, subjetiva, social, jurídica, cultural, filosófica, económica e política (Almeida, 2011). Segundo Almeida (2011), a dimensão *técnica* tem maior aplicação na engenharia, estando associada a uma definição técnica com vista a permitir uma caracterização quantitativa, na qual o risco é representado pela expressão matemática:  $\text{Risco} = \text{Perigosidade} \times \text{Consequências}$ . Dado o carácter quantitativo da dimensão técnica do risco, esta tem sido denominada de objetiva, para diferenciá-la das outras dimensões associadas ao conceito do risco. A este propósito, Almeida (2011) considera que embora a avaliação das probabilidades de alguma ocorrência e das prováveis consequências implique uma análise e aplicação de metodologias cientificamente comprovadas, a definição técnica do risco é uma construção humana e convencionada; isto é, ela é válida num contexto determinado de pressupostos e de processos racionais de tomada de decisão.

Portanto, o valor do risco resultante dos cálculos matemáticos de probabilidades e das consequências representa um custo convencional que se projeta para acontecimentos incertos, podendo ser utilizado nos processos decisórios das políticas públicas associadas ao risco, sem porém, representar uma previsão do que vai acontecer no período em análise (Almeida, 2011). Consideremos a análise da probabilidade de ocorrência de um incêndio num determinado bairro cujos resultados podem ser

usados para a fase de avaliação e tomada de decisão sobre a melhor forma de gestão do risco. Apesar da consistência dos resultados da análise feita com aplicação de processos matemáticos, nada nos garantiria efetivamente que o bairro viria a arder nesse ano ou nos dois ou três anos subsequentes e nem que as consequências reais sobre os seus elementos venham a ser exatamente as estimadas *à priori*.

Por seu turno, a dimensão *subjetiva* relaciona-se com as percepções pessoais do risco e com o comportamento psicológico de cada indivíduo para responder a situações de ameaças ou de incertezas, sendo uma perspectiva mais adequada para os campos da psicologia, economia e gestão (Almeida, 2011). Segundo Aven & Renn (2010), a percepção do risco é o julgamento com base em crenças que um indivíduo, comunidade ou sociedade fazem acerca do risco.

A percepção do risco pode ser influenciada pela avaliação técnica do risco e pelas experiências próprias do indivíduo, assim como por fatores psicológicos como o medo. A propósito, estudos da psicologia defendem que as percepções são formadas pelo raciocínio do senso comum, experiências pessoais, os *medias* e as tradições culturais (Pidgeon, 1998; Almeida, 2011).

A percepção das pessoas acerca do risco difere consideravelmente em função de aspetos culturais e sociais, sendo que o julgamento é feito com referência à natureza, causas e circunstâncias do risco. Para Almeida (2011), fatores culturais, psicológicos ou cognitivos influenciam a forma como as pessoas encaram o risco, ampliando ou reduzindo a sua percepção, podendo muitas vezes divergir com resultados obtidos com base na análise quantitativa.

Tal como a avaliação técnica, a pesquisa no campo da percepção do risco pode contribuir para a melhoria das políticas públicas, ao captar e revelar as preocupações das pessoas e os valores que defendem. Igualmente, podem servir de indicadores para as preferências do público, para dar a conhecer atitudes e práticas de vida que potenciam riscos, ajudar a criar estratégias de comunicação do risco e representar

experiências pessoais, numa perspetiva que escapa da avaliação técnica do risco (Fischhoff, 1985).

Enquanto isso, a *dimensão política* do risco está associada ao poder político e à governação na definição de políticas públicas adequadas para lidar com a problemática do risco. Considerando o alcance do conceito da governança, a dimensão política do risco implica o enquadramento dos princípios gerais da governança no contexto da tomada de decisões para a gestão do risco. Significa o envolvimento de atores governamentais e não-governamentais nas estruturas e nos processos de tomada de decisão pública (Neye & Donahue, 2000).

Para Aven & Renn (2010), a governança do risco inclui a generalidade de atores, regras, convenções, processos e mecanismos concernentes à recolha e análise de informações relevantes sobre o risco, bem como a tomada de decisões. A multiplicidade de atores exige a uma rigorosa definição de papéis através do processo regulatório e maior coordenação desde a formulação, decisão, implementação e avaliação das políticas públicas com vista a garantir que os resultados sejam positivos. Por exemplo, olhando a gestão do risco de incêndios no contexto do espaço objeto desta tese, o processo de governança abrangeria, de entre outros, as autoridades municipais, os munícipes, os bombeiros, os serviços de saúde e as empresas seguradoras. Ainda neste contexto, seria de grande relevância a legislação sobre a segurança contra incêndios, na qual deviam estar claramente definidas as responsabilidades de cada ator e a forma de participação.

Para além das dimensões já apresentadas, o risco pode ser analisado em perspetivas adicionais, que foram sistematizadas por Almeida (2011): (i) *social*, associada à perceção e ao comportamento coletivo face ao risco, manifestado através dos meios de comunicação social e da participação pública em questões relacionadas com o tema; (ii) *jurídica*, adequada para estudos que procuram captar como o risco é considerado no campo do direito, da justiça ou de aplicação da lei, na gestão de conflitos e definição de responsabilidades; (iii) *cultural*, associada à forma como a

humanidade tem encarado as ameaças e os mecanismos de segurança que tem adotado ao longo da sua evolução; (iv) *filosófica*, relacionada com três vertentes: o conhecimento e as metodologias para a caracterização científica dos fenómenos, o significado e a realidade do risco, e aos dilemas éticos colocados pela problemática do risco; e (v) *económica*, a qual procura compreender os comportamentos dos mercados financeiros face às vicissitudes e impactos de eventos económicos, como a criação de um novo produto ou o surgimento de uma nova empresa.

Como a literatura especializada reconhece que nenhuma perspetiva sozinha consegue captar melhor a problemática do risco, neste trabalho foi dada especial ênfase a três dimensões: técnica, subjetiva e social, por se terem mostrado melhor ajustadas aos objetivos inicialmente traçados.

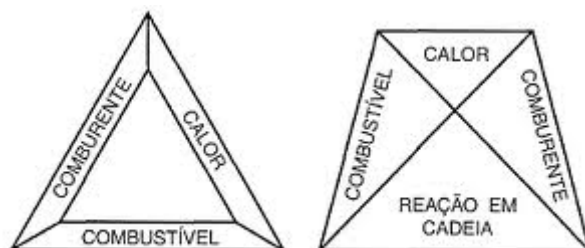
## **1.5 Teorias do Fogo**

Apesar da sua descoberta há centenas de milhares de anos, o estudo do fogo como ciência ganha mais notoriedade a partir do Séc. XX com a criação de uma associação internacional que reuniu cientistas dos maiores institutos e universidades do mundo, a *International Association for Fire Safety Science*, cujo objetivo fundamental é encorajar a investigação e divulgação dos resultados no domínio de prevenção e mitigação das consequências de incêndios (Seito *et al.*, 2008).

Sem a pretensão de aprofundar a fenomenologia em si, considerou-se importante para esta tese fazer uma breve abordagem das teorias e elementos do fogo. A literatura refere que inicialmente foi criada a teoria conhecida como Triângulo do Fogo segundo a qual, para que haja fogo é necessário que existam três elementos: combustível, comburente e calor. Esta teoria explicava os meios de extinção do fogo pela retirada de um desses três elementos. Contudo, com a descoberta do agente extintor “*halon*”, foi necessário mudar a teoria, a qual passou a denominar-se por Tetraedro do Fogo.

Segundo esta última teoria, para que o fogo se mantenha é necessário que coexistam quatro elementos: combustível, comburente, calor e reação em cadeia. (Seito *et al.*, 2008).

A figura 1.2 sistematiza as duas teorias referidas.



**Figura 1.2 – Representação das teorias: triângulo e tetraedro de fogo (extraído de Seito *et al.*, 2008).**

Embora todo o incêndio implique a presença de fogo, nem todo o fogo pode ser considerado um incêndio. A este respeito, Caldas (2008) define incêndio como um fogo que lava com intensidade, em material que não estava a ele destinado, destruindo e, às vezes, causando prejuízos. Também Palomino (2001) considera incêndio como um fogo descontrolado e de grandes proporções que pode ocorrer de repente ou gradualmente e que geralmente produz danos, lesões ou perda de vidas e provoca a deterioração do meio ambiente.

De acordo com Caldas (2008), os incêndios podem ter várias causas, nomeadamente física (raios, eletricidade, centelhas devido à eletricidade estática, curtos-circuitos e calor devido ao atrito de peças em movimento), biológica (ação de bactérias termogénicas), físico-química (hidrocarbonetos insaturados e gorduras animais e vegetais em certas condições de confinamento), acidental (involuntariamente criado pelo homem) e intencional (propositadamente criado pelo homem).

## 1.6 Grandes Incêndios Urbanos

A história mundial tem vários registos sobre a ocorrência de grandes incêndios que destruíram vastas áreas ou até cidades inteiras. Desde os grandes incêndios que fustigaram a cidade italiana de Roma em 64 dC, os grandes incêndios de Chicago de 1871, passando pelos incêndios de Londres em 1966, do Chiado em 1988 a Manila nas Filipinas em 2002, o fogo continua a ser um dos perigos mais difíceis de controlar nas zonas urbanas.

Dados do Centro de Investigação sobre Epidemiologia dos Desastres (CRED) fornecem uma visão geral sobre a situação dos grandes eventos de incêndios ocorridos a nível mundial classificados de acordo as suas consequências (Tabela 1.2).

**Tabela 1.2 – Grandes Incêndios Mundiais por Continente entre 1900 e 2013 (EM-DAT, 2014).**

Continente	Ocorrências	Vítimas Mortais	Total dos Afetados	Prejuízos (000) USD
Ásia	305	18685	753834	932612
América	138	10262	79053	80558
Europa	96	2786	7041	705000
África	85	1105	280853	35950
Oceânia	9	86	1341	3300

A tabela 1.2 espelha o poder destruidor dos incêndios urbanos mostrando a dimensão do problema a uma escala global. Como se pode perceber, o continente asiático liderava a incidência a nível mundial neste contexto, seguido pela América e logo depois a Europa, África e Oceânia. Embora o continente africano apareça numa posição mediana em termos de casos mais severos, não deixa de ser importante se considerarmos que aí se localizam alguns dos países mais pobres do mundo e, portanto, mais vulneráveis e com menos resiliência. A este respeito, um estudo



realizado na África do Sul (Pharoah, 2008) indica que os incêndios urbanos são frequentes, principalmente em assentamentos urbanos precários, tendo destruído, de 1990 a 1994, cerca de 41.000 edifícios em bairros suburbanos ao redor da Cidade do Cabo, deixando cerca de 164.000 pessoas sem habitação.

### **1.7 Metodologias para o Estudo do Risco de Incêndios Urbanos**

Nesta secção apresentam-se os principais métodos e modelos usados em estudos de incêndios urbanos e a análise crítica sobre a sua aplicabilidade na presente pesquisa.

O risco de incêndios encerra as seguintes dimensões fundamentais: a suscetibilidade do espaço em análise ser afetado pelos incêndios; a probabilidade esperada de que uma determinada unidade geográfica (eg. edifício, quarteirão ou bairro) registre uma ocorrência de incêndio num certo intervalo temporal; o grau de vulnerabilidade e a capacidade de resiliência dos elementos expostos; e o potencial de consequências que o evento pode representar.

A avaliação deste tipo de risco, cuja efetivação depende da rigorosa exploração das dimensões acima mencionadas, é feita a partir de diversos métodos e modelos, de entre os quais se destacam: o Método de Gretener, o Método de Purt ou da Euroalarm, o Método ERIC (*Évaluation du Risque Incendie Calculé*), o FRAME (*Fire Risk Assessment Method for Engineering*), o ARICA (Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos); o *Fire Safety Evaluation System* da NFPA, o FRIM (*Fire Risk Index Method*) e, mais recentemente, a Metodologia de Avaliação do Risco de Incêndio Urbano (MARIU) proposta por Lopes *et al.* (2011). Pela maior importância de que se revestem, detalham-se nas subsecções seguintes os principais aspetos do Método de Gretener, FRAME, ARICA e MARIU.

### 1.7.1 Método de Gretener

Este método, cuja “paternidade” é atribuída ao Engenheiro Suíço Max Gretener, tem como finalidade avaliar o risco de incêndio e terá sido desenvolvido a pedido da Associação Suíça de Seguradoras com o propósito de se encontrar um instrumento fiável de apoio ao estabelecimento de prémios de seguros ao nível industrial e para armazéns de grande dimensão (Macedo, 2008; Coelho, 2010).

A história no campo de análise do risco regista que este método foi aplicado em várias circunstâncias importantes no mundo, sendo que, por exemplo em 1968, o Corpo de Bombeiros suíço assumiu-o como instrumento para a avaliação dos meios de proteção contra incêndio das edificações. No mesmo sentido, em 1984 a *Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes* (SIA) utilizou este método como base para a sua publicação (SIA-81), sucessivamente revista mas sempre com base nos estudos de Gretener. O método de Gretener também serviu, a partir de 1987, de base para as normas austríacas TRVB A-100 (cálculo) e TRVBA-126 (parâmetros para o cálculo) publicadas pela Liga Federal de Combate a Incêndio da Áustria.

Embora na sua génese o método de Gretener tenha sido desenvolvido para aplicação no campo das seguradoras, abrangendo um tipo específico de infraestruturas, devido à sua forma prática de aplicação, tem sido *mutatis mutandis* utilizado em diversos domínios. A este propósito, Macedo (2008), que escreveu um manual exclusivo sobre o método, considera que este se aplica a uma vasta gama diversificada de edifícios, ou seja, a todo e qualquer caso onde haja presente uma construção. Por seu turno, Coelho (2010) sublinha que o método de Gretener pode ser aplicado para avaliar o risco de incêndios de edifícios de exposições, museus, locais de espetáculo, centros comerciais, hotéis, hospitais, lares, escolas, indústrias, artesanato, unidades de produção, entrepostos, armazéns, edifícios administrativos e edifícios de usos múltiplos. A sua aplicação é extensível a edifícios completos ou a partes ou compartimentos de edifícios.

O método tem em conta uma série de fatores fundamentais de perigo e permite determinar e comparar o nível de risco de incêndio a partir de hipóteses variadas com vista à definição de medidas paliativas de gestão do risco.

De acordo com Macedo (2008), com base no método de Gretener, a segurança é obtida comparando o risco calculado com o máximo admitido, de tal modo que um edifício ou compartimento será considerado com a segurança aceitável se o risco calculado for inferior ao risco admissível. Este último é fixado partindo de um risco normal ( $R_n=1,3$ ) corrigido por um fator ( $PH,E$ ) que considera o grau de perigo para as pessoas em função do número e do nível do andar, ou outros fatores suscetíveis de dificultar a evacuação dos ocupantes.

Risco de incêndio admissível,  $R_u=R_n.PH,E$

Quando o número de pessoas for elevado ou o edifício muito alto, ou ainda quando os ocupantes tiverem limitações por razões de saúde, idade ou outras, o fator de perigo para as pessoas é elevado, sendo que o fator ( $PH,E$ ) é inferior a 1,0. Caso não se verifiquem circunstâncias agravantes para a evacuação dos ocupantes ou em circunstâncias excecionais em que não se prevê qualquer problema com a evacuação das pessoas, o fator ( $PH,E$ ) toma um valor igual ou superior a 1,0.

O método assume que todos os edifícios estão sujeitos ao risco de incêndio e que o seu nível depende de um conjunto variado de fatores, os quais favorecem ou dificultam a sua ocorrência e desenvolvimento.

O risco calculado é dado pelo quociente entre o perigo potencial e as medidas de proteção, as quais se podem assumir como ativas (e.g. sistemas de deteção e alarme, *sprinklers*, hidratantes, redes de incêndio armadas, equipamentos móveis de extinção); passivas (e.g. escolha de materiais, estabelecimento de compartimentação); e de gestão de recursos humanos (e.g. escolha e formação de brigadas de incêndio, treinamento dos demais ocupantes, contacto com o Corpo de Bombeiros local e conhecimento das suas condições de trabalho).

O risco máximo admissível é definido casuisticamente, não existindo um valor universal para todos os tipos de edifícios.

O perigo potencial representa as grandezas que agravam o risco de incêndio e é constituído pelos fatores de perigo relativos ao conteúdo do edifício (e.g. mobiliário, materiais e mercadorias) e pelos fatores de perigo inerentes à construção do edifício (e.g. estrutura, pavimento, cobertura, área e forma). Por seu turno, o perigo de ativação quantifica a probabilidade de ocorrência de um incêndio e a gravidade possível e é definido através da avaliação das fontes de ignição e da inflamabilidade dos materiais presentes em cada edifício ou compartimento.

O risco de incêndio efetivo  $R$  obtém-se pelo produto dos fatores de exposição ao perigo pelo perigo de ativação e tem a seguinte equação:  $R=B.A$ , onde  $B$  é o fator de exposição ao perigo e  $A$  o perigo de ativação.

Consideradas as referências em tabelas fixas para a determinação de valores para cada tipo de fatores, a equação de segurança segundo o método de Gretener é a seguinte:  $y=R_u/R$ , onde  $R_u$  é o risco de incêndio admissível e  $R$ , o risco de incêndio efetivo. Deste modo se  $R_u$  for menor que  $R$ ,  $y$  será menor que 1, o que significa que o edifício ou compartimento de incêndio não está suficientemente protegido, sendo necessário um quadro de ações que permitam a reformulação de medidas em referência ao método apresentado (Macedo, 2008).

### **1.7.2 Fire Risk Assessment Method for Engineering (FRAME)**

Segundo Coelho (2010, p. 456), este método é aplicável a cada compartimento com o objetivo de avaliar o risco de incêndio (i) para o edifício e o conteúdo; (ii) para os ocupantes; e (iii) para as atividades que são normalmente desenvolvidas no edifício.

O método tem a seguinte expressão geral:  $R=P/A.D$ , onde  $R$  é o risco calculado;  $P$  é o risco potencial,  $A$  é o risco aceitável e  $D$  é o nível de proteção.

Os fatores a considerar no cálculo dos valores das variáveis integram: a carga do incêndio, a propagação do incêndio, a altura do edifício, o controlo do fumo, a acessibilidade, a ativação, a evacuação, o abastecimento de água, e a resistência ao fogo dos elementos de construção.

### **1.7.3 Método ARICA**

Contrariamente ao método de Gretener, o ARICA (Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos) é um método ainda em fase de ajustamentos e tem como objetivo avaliar o risco de incêndio em edifícios situados em centros urbanos antigos. Segundo Coelho (2010), o ARICA baseia-se na definição de três fatores globais de risco: (i) o fator global de risco associado ao início do incêndio; (ii) o fator global de risco associado ao desenvolvimento e propagação do incêndio; e (iii) o fator global de risco associado à evacuação do edifício. A estes três fatores acresce o fator global de eficácia associado ao combate ao incêndio.

O Fator Global de Risco Associado ao Início do Incêndio é constituído por vários fatores parciais, nomeadamente: o estado de conservação da construção; as instalações elétricas; as instalações de gás; e a natureza das cargas de incêndio mobiliárias.

O Fator Global de Risco Associado ao Desenvolvimento e Propagação do Incêndio no edifício integra os seguintes fatores parciais: conteúdo do edifício (cargas de incêndio mobiliárias); compartimentação corta-fogo; deteção, alarme e alerta de incêndio; equipas de segurança; e propagação pelo exterior (afastamento entre vãos sobrepostos).

Por seu turno, o Fator Global Associado à Evacuação do Edifício é constituído pelos seguintes fatores parciais, os quais são inerentes aos caminhos de evacuação e aos edifícios: largura dos diversos elementos dos caminhos de evacuação; distância a percorrer nas vias de evacuação; número de saída dos locais; inclinação das vias

verticais de evacuação; proteção das vias de evacuação; controlo de fumo das vias de evacuação; e sinalização e iluminação de emergência.

Por fim, o Fator Global de Eficácia Associado ao Combate de incêndio contempla: fatores interiores de combate ao incêndio nos edifícios: acessibilidade ao edifício, hidratantes exteriores, fiabilidade da rede de alimentação de água, extintores, redes de incêndio armadas, colunas secas ou húmidas, sistemas automáticos de extinção e as equipas de segurança.

Com base no método ARICA, o Risco de Incêndio é determinado pelo quociente entre o Fator Global do Risco do Edifício e o Fator de Risco de Referência (obtido pelo produto dos valores de referência de cada fator parcial), sendo que se o risco de incêndio for inferior ou igual a 1, considera-se que o edifício está seguro, enquanto se for superior a 1, é um alerta para a adoção de medidas de gestão de risco de incêndio no edifício em causa (Coelho, 2010).

#### **1.7.4 Metodologia de Avaliação do Risco de Incêndio Urbano (MARIU)**

A Metodologia de Avaliação do Risco de Incêndio Urbano (MARIU) foi proposta por Lopes *et al.* (2011) e baseia-se em 11 fatores considerados determinantes, através dos quais se calcula o grau do risco de incêndios urbanos. A cada fator é atribuído um Coeficiente de Severidade (CS), em função das condições apresentadas, intervindo no resultado final com um certo peso, que é determinado por um Coeficiente de Ponderação (CP), numa análise do tipo Multicritério.

Os fatores considerados determinantes no grau do risco são (Lopes *et al.*, 2011): a acessibilidade das viaturas de socorro; a envolvente exterior dos edifícios; a disponibilidade de água; os materiais, produtos e equipamentos existentes; as instalações técnicas presentes; as instalações elétricas; as características dos ocupantes ou utentes dos edifícios; a rapidez de intervenção dos bombeiros; a

organização de segurança nos edifícios; o controlo de fumo; e o plano municipal de emergência.

Com base na metodologia proposta, os edifícios são agrupados em função da sua tipologia de construção e das atividades neles desenvolvidas. A matriz de avaliação do risco para cada tipologia de edifício é construída a partir dos 11 fatores descritos, os quais intervêm no cálculo do grau de severidade. A soma dos diversos graus é multiplicada pelo coeficiente de ponderação para definir o grau do risco de incêndio a que o edifício está sujeito, ponderada a sua tipicidade através do coeficiente de equiparação. Por força deste coeficiente, cada um dos tipos de edifícios apresenta um intervalo de valores de risco, com uma amplitude dividida em 5 classes que definem os escalões de risco: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto, Lopes *et al.* (2011).

#### **1.7.5 Outros Métodos de Análise do Risco de Incêndio em Edifícios**

Alguns métodos de análise do risco têm sido propostos para edifícios com características particulares, como é o caso dos edifícios hospitalares. Neste contexto, destacam-se (Coelho, 2010): (i) o método de Edimburgo, desenvolvido na Universidade de Edimburgo, no Reino Unido, cuja base de aplicação são valores previamente tabelados os quais são comparados com valores obtidos sistematicamente através de avaliação de medidas de segurança; (ii) o método *Fire Safety Evaluation System*, o qual determina um risco de ocupação que depende de fatores como a densidade e mobilidade dos pacientes e o piso em que estes se encontram, a idade média dos pacientes e a relação entre pacientes e pessoal que presta os serviços, aos quais é atribuído um valor, sendo que o produto resultante corresponde ao risco de ocupação do edifício; e (iii) o *Tolerance Fire Risk Criteria for Hospitals*, desenvolvido na Suécia, assente em perfis de risco e numa bateria de critérios de ponderação.

Noutro contexto, o *Risk Category Indicator Method*, de origem americana, é utilizado para avaliar o risco em edifícios com categoria de património cultural e tem como base

fatores como o tipo de ocupação, as pessoas e as atividades específicas desenvolvidas no edifício.

Pese embora a importância de que se revestem, os métodos descritos nesta secção são complexos e particularmente vocacionados para o cálculo do risco de incêndio dentro de um edifício, em função das suas características arquitetónicas e do seu uso, não permitindo a captação de uma visão geral para avaliação a um nível mais alargado, como é a escala municipal. Portanto, para o presente estudo, estes métodos mostraram-se inadequados ou de aplicação difícil devido à escassez de informação de base.

### **1.8 As Causas dos Incêndios Urbanos**

Nesta secção desenvolve-se a sistematização de estudos realizados no domínio do risco de incêndios urbanos, com maior enfoque na discussão das variáveis consideradas como fatores condicionantes. Uma das questões incontornáveis quando se aborda o tema sobre incêndios urbanos tem sido: porque acontecem os incêndios?

A propósito desta questão, muitos trabalhos foram desenvolvidos, tendo chegado a conclusões que, embora contextualizadas, apresentam alguma similaridade em relação aos fatores condicionantes. Em relação às variáveis utilizadas nesses estudos, é possível verificar que são escolhidas em função da finalidade de cada trabalho, das características da área de estudo e da disponibilidade da informação. Ainda assim, algumas variáveis são comuns na maioria dos trabalhos, nomeadamente o histórico de incêndios, as instalações elétricas, a tipologia dos edifícios, a acessibilidade e a capacidade de resposta dos bombeiros.

Pese embora alguns incêndios urbanos resultem de causas naturais, como são os casos de raios por trovoadas, tempestades e sismos, vários estudos nesta área defendem



que os incêndios urbanos têm como causa principal as instalações elétricas defeituosas, sobrecarregadas e/ou sem manutenção adequada (e.g. Primo, 2008; Vicente *et al.*, 2010; Tonelli, 2011; Lopes *et al.*, 2011). Para além das instalações elétricas, outras causas apontadas incluem o uso inadequado de eletrodomésticos, a falta de cuidados com o uso de velas ou candeeiros, o manuseamento incorreto de substâncias perigosas, sendo que, igualmente, podem intervir fatores naturais ou de tipo intencional, estas últimas, tratadas geralmente em fórum criminal (Warda *et al.*, 1999; Palomino, 2001; Istre *et al.*, 2002).

A *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* aponta os incêndios urbanos como um dos maiores problemas das cidades e relaciona-os com fatores como a elevada densidade infraestrutural e populacional, o uso de materiais de construção potencialmente perigosos e o uso irregular de instalações elétricas (UNISDR, 2012). Com efeito, muitos incêndios são causados por comportamentos de risco associados ao desconhecimento ou à negligência de práticas seguras, que podem incluir ligações clandestinas e sobrecargas de utilização (Gomes, 1998; Melo, 1999; Alves, 2005).

Santos *et al.*, (2011), num trabalho sobre a avaliação do risco de incêndios em núcleos urbanos antigos, destacam os seguintes fatores condicionantes: a elevada densidade de edifícios e as reduzidas distâncias de afastamento que apresentam entre si; a partilha de paredes entre edifícios; a adaptação inadequada de edifícios para usos não habitacionais; a proliferação de edifícios degradados ou devolutos; e a existência de instalações elétricas antigas, frequentemente improvisadas, evidenciando ações de manutenção inadequadas.

Furness & Muckett (2007) indicam como causas de incêndios urbanos os aparelhos e instalações elétricas, fogões e outros equipamentos de cozinha e instalações associadas, aquecedores ou sistemas de aquecimento de residências, químicos e outros materiais inflamáveis, cigarros e materiais associados, e lixo acumulado ou deficientes sistemas de gestão de resíduos. Sobre as instalações elétricas, os autores

indicam algumas das falhas mais comuns que culminam com a ocorrência de incêndios, nomeadamente: o uso incorreto de certos tipos de cabos; a colocação de cabos elétricos sobre ou perto de materiais combustíveis, geralmente em telhados vazios ou tetos falsos; o uso de cabos danificados ou facilmente corrosíveis, de disjuntores ou fusíveis danificados e de objetos metálicos sem isolamento como pregos; a acumulação de lixo combustível em quadros de distribuição e transformadores; e instalações elétricas impróprias ou improvisadas (Santos *et al.*, 2011).

Sobre o mesmo assunto, Maguire (2004) alerta para o sobreaquecimento de instalações elétricas e refere que, como o calor é gerado quando a corrente elétrica passa por um condutor, será necessário a tomada de providências nesse tipo de instalações para que se garanta a sua dissipação segura, evitando, por exemplo, a obstrução ou cobertura dos dissipadores de calor e grelhas de ventilação em eletrodomésticos. Segundo a autora, a negligência no uso de certos eletrodomésticos é a principal causa de incêndios relacionados com a eletricidade.

Silva (2011) estudou o risco de incêndios causados por eletricidade no Brasil, tendo constatado que, no Estado de São Paulo, a eletricidade é o segundo fator mais determinante na ocorrência de incêndios, logo depois de fogo posto, e constitui o primeiro fator de ativação accidental, representando 38,9 % dos casos estudados. Como medidas de prevenção, o autor propôs uma gestão eficiente das instalações elétricas, que inclui a sua proteção contra sobrecargas e curto-circuitos, picos de energia de cargas atmosféricas, choques elétricos, efeitos térmicos, para além da necessidade de uma rigorosa verificação de segurança no processo de seleção, instalação e manutenção através de exame de documentação, inspeção visual ou por meio de ensaios não destrutivos (Silva, 2011).

Noutro registo, Twibell (2004), embora reconheça a contribuição das instalações elétricas como fator de incêndios urbanos, critica a fiabilidade das estatísticas por estas, muitas vezes, basearem-se em relatórios dos bombeiros nem sempre

tecnicamente preparados para investigar a real origem do incêndio. O autor destaca que em alguns casos basta a simples presença de um fio elétrico sobre os escombros para que se conclua que o incêndio teve origem num curto-circuito quando, no seu entender, o incêndio pode ter sido a causa e não a consequência do curto-circuito.

De acordo com pesquisas da *National Fire Protection Association* (NFPA), de 2005 a 2009, nos Estados Unidos da América, os incêndios em residências tiveram como origens: equipamentos de cozinha, aquecedores, fogo posto, instalações elétricas, cigarro, máquinas de lavar e secar roupa, velas acesas, fogo vindo do exterior, e outras causas (Karter, 2011). Segundo o mesmo estudo, os equipamentos de cozinha constituem o principal fator de incêndios em edifícios residenciais, sendo que durante um período de cinco anos (2005-2009), as autoridades norte americanas de combate ao fogo atenderam por ano, cerca de 155.400 incêndios em residências envolvendo esse tipo de equipamentos, tendo causado 390 vítimas mortais, 4.800 feridos e um prejuízo material de 771 milhões de dólares (Karter, 2011).

Bruno (2010) ao estudar os incêndios em favelas da cidade brasileira de São Paulo identificou como fatores de risco a configuração urbanística desse tipo de assentamentos, assim como a alta taxa de ocupação, tanto domiciliar como populacional, dificuldades das vias de acesso, precariedade de infraestruturas e serviços públicos, nomeadamente o fornecimento de eletricidade. Aliás, para esta autora, as instalações elétricas foram, entre 2001 e 2003, a principal causa de incêndios em São Paulo.

Por seu turno, Brandão (2012) avaliou a suscetibilidade dos incêndios urbanos concentrando a sua análise em alguns edifícios da Avenida Sousa Cruz em Santa Tirso, Portugal. Utilizando a metodologia ARICA simplificada, o autor identificou como causas dos incêndios as deficiências no funcionamento de eletricidade ou de equipamentos elétricos que são, muitas vezes, responsáveis pelo desencadeamento dos incêndios em edificações. Este autor destaca ainda como fatores influentes na ocorrência de

incêndios a negligência humana em relação ao uso de equipamentos elétricos, velas, cigarro e outros materiais potencialmente perigosos.

Em relação ao consumo de tabaco, apesar das imagens de cigarros e fósforos esquecidos sobre cinzeiros serem comumente utilizadas em campanhas de sensibilização sobre o perigo de incêndios, incidentes causados por esse tipo de materiais continuam a ocorrer. Sabe-se que em caso de um cigarro ou palito de fósforo acesos caírem sobre alguma peça de roupa ou diretamente no colchão ou sofá, há uma grande probabilidade de se desencadear um incêndio com consequências imprevisíveis, principalmente se as vítimas forem menores de idade, idosos ou incapazes devido à sua fraca mobilidade e capacidade de ajuizar a presença do perigo e solicitarem auxílio. Maguire (2004) aponta o descuido com o cigarro aceso e com outros materiais dos fumadores como uma das causas mais frequentes dos incêndios urbanos. No mesmo sentido, uma pesquisa da NFPA refere que, em 2008, as autoridades de segurança contra o fogo nos EUA responderam a cerca de 114.800 casos de incêndios cuja origem esteve relacionada com o fogo de fumadores (Hall, 2010). Segundo o mesmo estudo, os incêndios relacionados com negligência com o fogo em fumadores resultaram em 680 mortes, 1.520 feridos para além de aproximadamente 737 milhões de dólares em danos materiais. Os dados mostram que uma em cada quatro vítimas fatais é uma terceira pessoa, diferente do fumador que negligenciou o fogo (Hall, 2010).

No que se refere às velas, a NFPA estima que, nos EUA, foram um dos principais fatores de incêndios em edifícios residenciais numa média de 12.860 casos/ano, entre 2005-2009 (35 ocorrências por dia). Estes incêndios causaram anualmente 136 mortes, 1.041 feridos e 471 milhões de dólares em danos materiais. Estes dados representam 3 % de todos os casos de incêndios reportados, correspondem a 5 % de mortes, a 8 % de feridos e a 7 % de danos materiais como consequência direta de incêndios (Ahrens, 2011). O mesmo estudo indica que aproximadamente 1/3 dos incêndios de vela tiveram o seu início em quartos (Ahrens, 2011).

Com caráter descritivo, Istre *et al.* (2002) analisaram o grau do risco de incêndio em residências tendo como grupo alvo crianças. Os autores pretendiam inventariar o número de mortos e feridos vítimas de incêndios em Dallas e identificar as respectivas causas. O estudo concluiu que a maior parte das vítimas de incêndios em residências eram crianças com idade inferior a 5 anos. Os autores concluíram ainda que os incêndios ocorrem com maior incidência em bairros pobres e que a principal causa de deflagração do fogo é a negligência dos pais ou encarregados de educação ao deixarem crianças na posse de fósforos, velas e isqueiros.

Rocha (2012), num trabalho sobre incêndios urbanos no Concelho da Amadora, Portugal, conclui que as áreas com mais incidência de incêndios são caracterizadas pela presença de núcleos degradados, antigos e com uma maior densidade populacional e onde se utiliza como combustível doméstico o gás de botija. Por seu turno, o uso de soldadura é outro fator que influencia na ocorrência de incêndios de origem térmica (Vicente *et al.*, 2010). Adicionalmente, Lopes *et al.* (2011) incluem na lista dos fatores condicionantes dos incêndios a existência de instalações técnicas.

Numa perspetiva de engenharia de construção civil, um estudo sobre os fatores que potenciam o risco de incêndio em assentamentos urbanos precários numa área de ocupação irregular, localizada na Região do Guarituba, Curitiba, Estado do Paraná no Brasil, constatou que a elevada densidade da carga de incêndio, o perigo de generalização devido à ausência de afastamentos mínimos entre as edificações e a ineficiente resistência ao fogo dos elementos de vedação dos compartimentos, aliados ainda à presença de instalações elétricas clandestinas e a utilização de velas num número significativo de edificações, configuraram os fatores que potenciavam o risco de incêndio no local (Baranoski, 2008). Na mesma perspetiva, Coelho (2010), destaca o tipo de utilização do edifício e o seu estado de conservação como fatores relevantes para o risco de incêndios.

A partir dos dados do histórico de ocorrências coletados pelos bombeiros, Wang *et al.* (2011) estudaram a distribuição espaço-temporal dos incêndios urbanos comparando

a situação de três cidades chinesas (Beijing, Jinan, Hefei) com níveis diferentes de urbanização. O estudo conclui haver relação entre o risco de incêndios e o nível de urbanização, sendo que, por um lado, o rápido processo de urbanização pode significar a redução de incêndios devido à melhoria das condições da vida das pessoas, e por outro lado, tal pode significar o aumento do risco de incêndios devido ao aumento da densidade populacional e da edificação, a produção do lixo, o aumento do consumo de eletricidade e gás, fatores potenciadores do risco.

Pasqual & Montoya (1994) estudaram as implicações socioeconómicas dos incêndios em Passo Fundo no Brasil, abrangendo um período de 12 anos. Neste trabalho os autores também analisaram as causas e consequências dos incêndios numa perspetiva económica. Das conclusões a que os investigadores chegaram, destacam-se a relação estabelecida entre o crescimento populacional e a ocorrência dos incêndios. Para eles os incêndios tendem a aumentar à medida que o número da população cresce, uma vez que tal crescimento foi acompanhado pela construção desordenada de habitações e o consequente incremento da vulnerabilidade, na área estudada.

Santos *et al.* (2011), num trabalho visando a criação de uma ferramenta de apoio à elaboração de um plano de emergência para os núcleos urbanos antigos da cidade do Seixal em Portugal, concluíram que as instalações técnicas de abastecimento de eletricidade e gás, o desconhecimento de práticas seguras por parte das populações residentes e a existência de edifícios devolutos constituem alguns dos principais fatores condicionantes dos incêndios. Com efeito, o estudo constatou que a rede de eletricidade apresentava características que potenciavam a ocorrência de incêndios como a ausência de disjuntores, a precariedade de instalações, a existência de redes antigas com ligações diretas e desprotegidas. Sobre o edificado, o estudo refere ainda que existe uma prática de risco que consiste na alteração do uso e funcionalidade dos edifícios sem nenhuma observância às regras de segurança contra incêndios. Dos problemas identificados pela pesquisa consta ainda a demora de alerta aos bombeiros e a acessibilidade limitada aos núcleos estudados.

Shai (2006) analisou a correlação dos fatores demográficos e sociais com o número de vítimas de incêndios em Philadelphia, nos EUA. No estudo abrangeu 1563 feridos vítimas de incêndios com base em dados de um período de 9 anos, utilizando como método de análise a regressão múltipla. Os resultados do estudo indicam haver uma forte correlação entre a idade das construções e a renda familiar com a ocorrência dos incêndios.

Kachenje *et al.* (2010), num estudo realizado na cidade tanzaniana de Dar es Salaam, avaliaram o risco de incêndios urbanos a partir da verificação do nível de sensibilização do público sobre o uso de equipamentos de combate a incêndios. Os dados coletados por meio de observação e entrevista com gestores de construção civil, usuários e informantes-chave revelaram a existência de alto risco de incêndio na maioria dos edifícios estudados. O estudo demonstrou ainda a existência de deficiências na componente de capacitação das populações para o uso dos meios de combate a incêndios (Kachenje *et al.*, 2010).

Barnwell, *et al.* (2005) estudaram os incêndios urbanos no Município de Anchorage na Alaska com base na modelação do risco de incêndios florestais durante 4 anos. Neste Município os incêndios florestais têm a especial característica de rapidamente se transformarem em incêndios urbanos. A construção do modelo considerou as seguintes variáveis: o histórico de incêndios; o declive; a cobertura vegetal e o tipo de uso do solo; a temperatura e a humidade; as vias de acesso; os elementos expostos (pessoas, bens, recursos naturais, infraestruturas de lazer); elementos essenciais de combate a incêndios como a capacidade de resposta operacional dos bombeiros e a localização das fontes de água (Barnwell, *et al.*, 2005).

### **1.9 Estudos Anteriores de Risco de Incêndio Urbano na Escala Municipal ou Superior**

Pese embora a maior parte da literatura científica estar centrada nos incêndios urbanos na escala do edifício, existem trabalhos relevantes em que o assunto é abordado numa escala de maior generalização, quase sempre com o recurso a ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Sounnalath *et al.* (2002) estudaram o risco de incêndios urbanos na cidade asiática de Vientiane, capital do Laos. No seu modelo de mapeamento do risco o autor usou as seguintes variáveis: tipologia dos edifícios em função dos materiais de construção, a presença de fontes de ignição ou de materiais suscetíveis de desencadear um incêndio, a qualidade de instalações elétricas, o histórico de incêndios, a densidade do edificado e a acessibilidade.

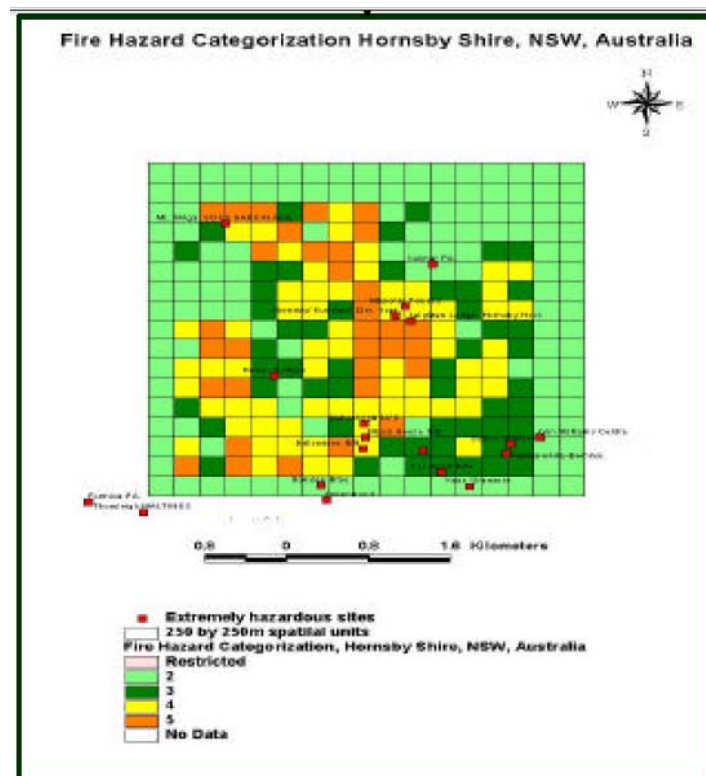
Nisanci *et al.* (2012), num trabalho desenvolvido sobre a cidade turca de Trabzon, estudaram o risco de incêndios urbanos a partir dos SIG e produziram mapas dinâmicos de suscetibilidade. Para tal, os investigadores fizeram o levantamento de dados de acordo com o tipo de incêndio, o mês de ocorrência, e distribuição espacial dos incêndios, num período de 4 anos, de 2005 a 2008. O estudo recomenda o recurso aos SIG para uma melhor identificação das rotas, análise da acessibilidade e desenho de cenários para intervenção de emergência (Nisanci *et al.*, 2012).

Lizhi & Aizhu (2008), tomando como exemplo a cidade chinesa de Shenyang, estabeleceram um modelo de avaliação do risco de incêndios urbanos através da análise de *clusters*, utilizando como variáveis de análise o número de ocorrências, as perdas económicas diretas e indiretas e o número de vítimas mortais e de feridos.

Bhaskaran *et al.* (2001) desenvolveram um modelo de avaliação do risco de incêndios para a cidade de Bathurst, no estado de Nova Gales do Sul, Austrália, com auxílio em SIG, com vista ao apoio à decisão com base em fatores espaço-temporais suscetíveis



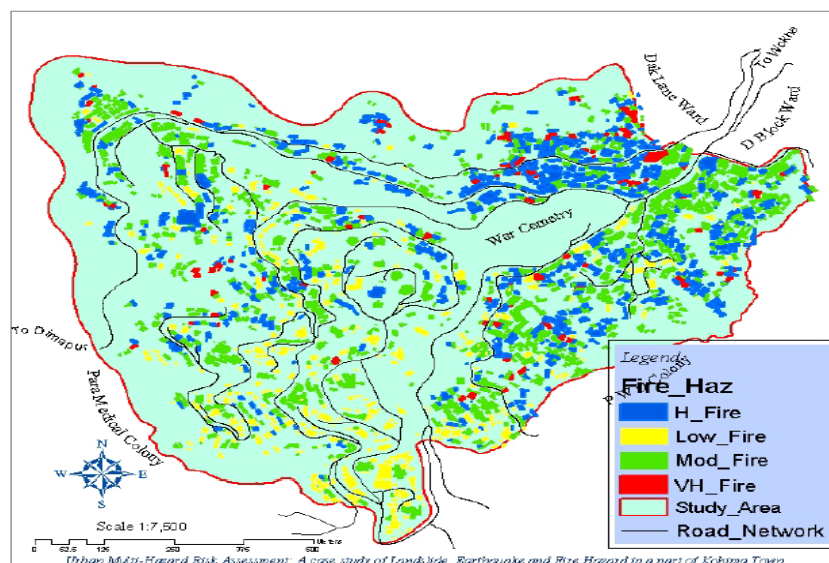
de influenciar o grau do risco. Foram considerados os seguintes fatores no estudo: tipo do uso do solo (residencial, comercial e industrial); densidade do edificado; densidade populacional; existência de pessoas com mobilidade limitada; e grau de tráfego. O modelo desenvolvido por Bhaskaran e co-autores em Bathurst, foi posteriormente testado em Hornsby Shire, uma outra cidade australiana com características físicas relativamente diferentes da primeira, em termos de densidade infraestrutural e populacional, tendo revelado alguma robustez (Figura 1.3). Os mentores deste sistema pretendiam que o mesmo constituísse um instrumento de apoio à decisão na distribuição de meios de prevenção e combate ao risco de incêndios urbanos a níveis local e estatal.



**Figura 1.3 – Modelo do risco de incêndio urbano na cidade de Hornsby Shire (extraído de Bhaskaran *et al.*, 2001).**

Khatsu (2005) na cidade indiana de Kohima desenvolveu um mapa para três tipos de risco, nomeadamente: deslizamentos de terra, abalos sísmicos e incêndios urbanos.

Para cada tipo de risco o autor determinou o respetivo mapa e posteriormente efetuou a sua integração considerando a interligação existente entre os três eventos. O mapa do risco de incêndios urbanos foi construído com base em variáveis como: materiais de construção, separação entre edifícios, distância em relação a instalações técnicas (bombas de combustível, gás, etc.), distância dos edifícios às ruas próximas, e distância em relação ao quartel de bombeiros. Após a multiplicação do peso de cada variável pelo valor do ponderador definido entre 0 e 10, o autor determinou 4 classes de perigosidade: bastante elevada, elevada, moderada e baixa (Figura 1.4).

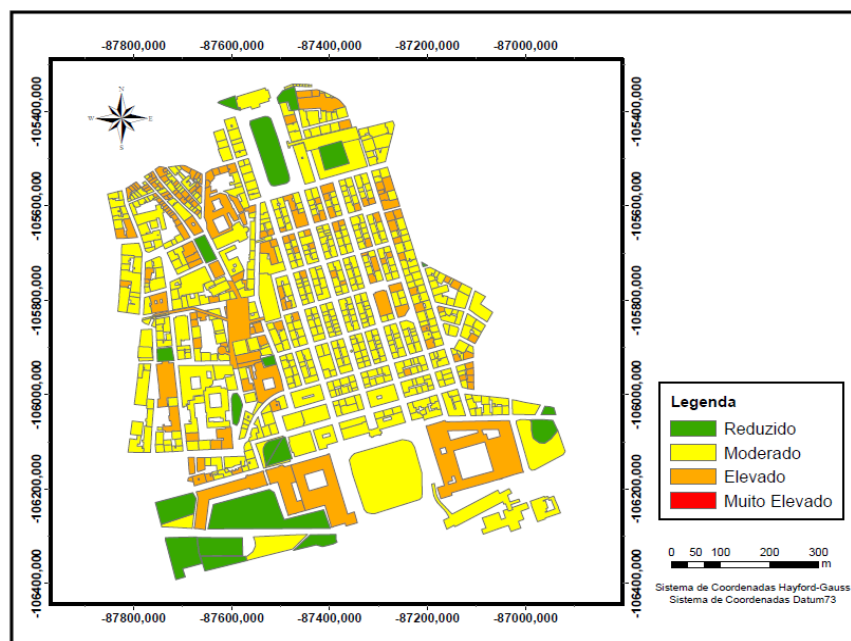


**Figura 1.4 – Modelo do risco de incêndios urbanos da cidade indiana de Kohima (extraído de Khatsu, 2005).**

Ji *et al.* (2010) avaliaram o risco de incêndio na cidade chinesa de Xuzhou, através de um modelo geográfico de difusão espacial em SIG. O modelo de avaliação do risco de incêndio proposto incluía as seguintes variáveis: densidade populacional, densidade do edificado, nível de segurança do edificado, grau de acessibilidade, segurança no uso de eletricidade, segurança das instalações de gás, localização das unidades estratégicas de proteção civil, capacidade operacional da proteção civil e capacidade de

abastecimento de água. Diferentemente dos modelos tradicionais de avaliação do risco de incêndios urbanos, no método proposto por Ji *et al.* (2010) a unidade geográfica considerada não é uma região, ou determinado edifício, mas sim uma área geométrica (quadrado) gerada automaticamente através de divisão aleatória.

Costa (2009), tendo como área de pesquisa a Baixa Pombalina na cidade de Lisboa, Portugal, definiu uma metodologia para a determinação do risco de incêndios urbanos com base na análise multicritério e com recurso a dois métodos: a Combinação Linear Ponderada e a Média Ponderada Ordenada. As variáveis consideradas neste trabalho foram: tipo de ocupação do edifício, época de conservação, época de construção, redes de gás, de eletricidade e de água, exposição, declive, ocupação do solo e histórico de incêndios. O mapa do risco (Figura 1.5) resultou da combinação entre a perigosidade e o dano potencial, sendo que para a determinação da perigosidade foi calculada a probabilidade, através do histórico de ocorrências, e a suscetibilidade com recurso à exposição solar, declive e ocupação do solo. Já a determinação do dano potencial foi efetuada em função da vulnerabilidade e do valor económico dos elementos expostos.



**Figura 1.5 – Carta do Risco da Baixa Pombalina, Lisboa (extraído de Costa, 2009).**

### **1.10 Instrumentos de Gestão do Risco e Políticas Públicas**

A gestão do risco é a última fase de um processo completo de apreciação do risco que se inicia com a análise (“o que pode acontecer?”) e passa pela avaliação (“o que se permite que aconteça?”), sendo que é dos resultados das duas fases anteriores que se alimentam os gestores para tomarem as suas decisões sobre “o que tem que ser feito?” (Garcia, 2012).

Por seu turno, Fischer (2003) considera que duas questões devem ser respondidas na gestão do risco: “qual é o grau de gravidade, destruição e perda” – escala, e “qual é o grau de perturbação produzida na comunidade?” – impacto, as quais determinam uma terceira questão: “qual é a escala ou tempo de interrupção ou de recuperação?”.

Para Aven & Renn (2010, p.121), a gestão do risco inicia-se com a revisão de toda a informação relevante, especialmente a partir de uma análise lógica que consiste tanto

na avaliação do risco como na avaliação do grau de interesse que o problema mobiliza nas pessoas. Essa informação, associada com a análise feita na fase de caracterização e avaliação do risco, formam a base para a gestão do risco.

A estrutura geral do processo de gestão do risco compreende a definição do contexto, a avaliação do risco e decisão (Almeida, 2011). A definição do contexto é semelhante à concepção de um projeto e integra a fixação dos objetivos, a abrangência do processo, a indicação clara do objeto de análise (eg. um edifício, quarteirão ou bairro), a identificação de fatores condicionantes e dos meios necessários ou disponíveis. Inclui também o estabelecimento de critérios em relação aos quais os riscos serão avaliados e a definição de uma estrutura lógica de análise (Almeida, 2011). A avaliação do risco é um processo com vista à determinação da natureza e extensão do risco, resultando na estimativa do valor do risco.

Após a fase de avaliação segue-se a decisão e tratamento do risco que envolve a seleção de medidas e ações a realizar em função do grau do risco identificado. Almeida (2011) considera esta fase como determinante na gestão do risco, uma vez que implica a análise de diferentes opções, em conjugação com outros fatores como o custo, valores sociais e políticos, éticos e jurídicos. A fase de decisão integra a ponderação sobre a aceitação ou não do risco e a seleção e hierarquização das medidas de intervenção que deverão controlar ou mitigar o risco.

De acordo com Aven & Renn (2010), a avaliação do risco fornece três níveis de resultados possíveis que servem de base para a decisão, nomeadamente: situação inaceitável, tolerável e aceitável. A situação de risco tolerável articula-se com o princípio ALARP, segundo o qual o risco deve ser reduzido para um nível tão baixo quanto possível, a menos que se demonstre haver desproporção total entre custos e benefícios (Aven & Renn, 2010). A situação de risco inaceitável deve implicar que a fonte do risco seja abandonada e a exposição e vulnerabilidade devem ser reduzidas ao mínimo possível. Na situação de risco aceitável, o risco é tão insignificante que qualquer esforço para a sua redução se torna desnecessário. Todavia, mesmo nessas

circunstâncias, pode ser útil o recurso aos seguros ou a ações de prevenção. Os três níveis de resultados de avaliação do risco são de grande relevância para a tomada de decisão, porém, nem sempre são assumidos de forma consensual por diferentes atores de gestão do risco, havendo necessidade de maior envolvimento de todas as partes interessadas.

#### **1.10.1 Gestão do Risco de Incêndios Urbanos**

No concernente aos incêndios urbanos, a sociedade tem adotado diversas formas de lidar com o risco, nomeadamente: a criação de brigadas de combate a incêndios, a introdução de sistema de seguros, a legislação de segurança contra incêndios, as campanhas de educação pública sobre práticas seguras, as medidas de controlo de qualidade dos materiais e a melhoria dos projetos de construção (Hasofer *et al.*, 2007).

As consequências dos incêndios urbanos têm mobilizado, em muitos países, a formulação de políticas públicas mais consistentes na área de proteção civil, conduzindo à criação de legislação e adoção de medidas de segurança.

Uma das mais antigas instituições de combate ao fogo remota à antiga Roma, a denominada *Militia Vigilum*, fundada por Augusto em 6 a.C. e constituída por sete Cortes (divisões), que tinham como missão patrulhar as ruas e impedir os incêndios na cidade (Martins, 2010). Em 872, na cidade de Oxford, na Inglaterra, surgiu uma das mais antigas normas de proteção contra incêndios que consistia no estabelecimento de um toque de alerta, a partir do qual os cidadãos se mobilizavam para apagar o fogo na cidade. Desde então, o ocidente conheceu diversas etapas no domínio de segurança contra incêndios. Em 1715, em Boston, Massachusetts, nos EUA, surgiram os primeiros departamentos profissionais de segurança contra incêndios, cujo funcionamento contava com a participação ativa das comunidades locais (Souza, 2008).

Atualmente existe a nível internacional um acervo legislativo padrão na área de segurança contra incêndios urbanos que, no geral, estabelece regras sobre as condições exteriores comuns, isolamento e proteção, evacuação, instalações técnicas, equipamentos e sistemas de segurança e medidas de autoproteção.

Com sede em Massachusetts nos EUA, a NFPA é a mais prestigiada instituição de referência mundial em matéria de políticas públicas legislativas de segurança contra incêndios, contando com mais de 300 códigos e normas publicados e com cerca de 80.000 profissionais de todo o mundo e mais de 80 associações profissionais e empresas. Muitos países têm a sua legislação inspirada nos códigos da NFPA, o que resulta numa uniformidade das principais exigências de segurança contra incêndios, a nível internacional.

A nível dos países da língua oficial portuguesa, Brasil e Portugal são os que apresentam um relevante histórico de políticas públicas e instrumentos de gestão do risco de incêndios urbanos, incluindo alguns estudos nesse domínio. A título exemplificativo, refira-se o trabalho de Júnior (2002), que aborda o problema de gestão do risco de incêndio em espaços urbanos revitalizados num bairro do Recife numa perspetiva de políticas públicas, com enfoque na análise legislativa. O autor propõe uma estrutura metodológica de gestão que permite que se estude o problema de forma interativa e sistémica em 7 etapas sequenciais: (i) entendimento da área urbana, (ii) seleção do objeto, (iii) avaliação de desempenho do sistema, (iv) análise dos riscos, (v) prevenção de falhas, (vi) análise de decisão, e (vii) decisão.

Em África, parece não existir o conceito de normalização na área de segurança contra incêndios, embora se verifique o uso de extintores e a existência de Corpos de Bombeiros. Muitos países mantêm as raízes de costume e normalização dos países que os colonizaram, enquanto outros têm acompanhado os procedimentos propostos nos EUA. Com efeito, a África do Sul, a Nigéria e o Egipto têm vindo a manter contactos regulares com NFPA nos últimos anos. Em África, estes três países são os únicos membros da *Confederation of Fire Protection Association International* (CFPA-I), um

organismo internacional que congrega várias associações de segurança contra incêndios.

A África do Sul tem como organismo coordenador de políticas de segurança contra incêndios a *Fire Protection Association of Southern Africa* (FPASA), criada em 1973 e que é responsável por garantir uma gestão especializada de segurança contra incêndios. Ao longo da sua história, a África do Sul utilizou normas do Reino Unido (*Loss Prevention Certification Board* - LPCB) juntamente com normas alemãs (*Deutsches Institut für Normung* - DIN). Posteriormente, devido à construção de aeroportos e portos, bem como ao desenvolvimento da indústria extrativa, que implicou a utilização de equipamentos e materiais fabricados nos EUA e Inglaterra, a África do Sul passou a utilizar uma mistura das normas inglesas com as normas da NFPA, sendo que atualmente aquele país utiliza uma combinação de normas nacionais, da NFPA, da LPCB e da DIN.

Angola seguiu a legislação portuguesa sobre a segurança contra incêndios. Entretanto, a indústria petrolífera utiliza a NFPA em quase 100 %, embora se verifique, em alguns casos, a execução de projetos com normas do Brasil, da França e de outros países.

#### **1.10.2 Políticas Públicas de Gestão do Risco de Incêndios Urbanos em Moçambique**

Em Moçambique, o Serviço de Bombeiros existe desde finais do séc. XIX e foi criado na então cidade de Lourenço Marques, atual Maputo. Em 1911, por força da Deliberação Camarária de 22 de Abril, publicada pelo Boletim Oficial nº 30, de 29 de Julho, passou à tutela da Câmara Municipal. Nas décadas seguintes surgiram outras corporações nas cidades da Beira, de Quelimane e de Nampula, e depois da independência de Moçambique da colonização portuguesa em 1975, foram criadas as corporações de Chimoio (1983), de Pemba (1989), de Nacala-Porto e Angoche (1993) e de Xai-Xai



(2007). A primeira legislação sobre a atividade dos bombeiros de Moçambique independente é o Decreto Presidencial nº 66/83, de 29 de Dezembro, que enquadra o Corpo de Bombeiros no Ministério do Interior e determina que tem como obrigação exercer as funções de defender preventiva e ativamente a vida dos cidadãos e seus bens, especificamente contra incêndios, desabamentos e outros sinistros (UBPLP, 2013).

Por Decreto nº 41/89, de 12 de Dezembro, foi criado o Serviço Nacional de Bombeiros e foram extintos os Corpos de Salvação Pública de Maputo, Beira, Quelimane, Nampula e Pemba. Com esta nova organização, o Serviço Nacional de Salvação Pública passa a ser coordenado centralmente a partir da Direção Nacional com sede na cidade de Maputo e localmente a partir dos Comandos Provinciais de Gaza, Manica, Sofala, Zambézia, Nampula e Cabo-Delgado e dos Comandos Distritais de Nacala-Porto e de Angoche (UBPLP, 2013).

Através da Lei nº 2/2009, de 12 de Janeiro, o Governo é autorizado a criar o Serviço Nacional de Salvação Pública, um serviço de prevenção e intervenção no combate aos incêndios e segurança contra outros riscos. A este Serviço cabe ainda a coordenação, fiscalização e regulação de atividades afins. Com efeito, as competências do Serviço Nacional de Salvação Pública incluem: orientar, coordenar e fiscalizar as atividades preventivas e interventivas exercidas pelos corpos de bombeiros; assegurar a articulação dos corpos de bombeiros com outras entidades de proteção civil em caso de emergência; realizar atividades preventivas e interventivas no âmbito de salvação pública; promover o estudo, normalizar e aplicar as técnicas de prevenção e socorro; promover o estudo dos riscos, elaborar regulamentos de segurança, emitir pareceres técnicos e exercer ação fiscalizadora; incentivar o apoio técnico na criação de bombeiros municipais, privativos e voluntários; exercer a ação tutelar sobre os corpos de bombeiros; e promover a educação cívica no domínio de prevenção contra os riscos de incêndios e outros acidentes.

Atualmente, os bombeiros enfrentam sérias dificuldades para exercer condignamente o seu trabalho em Moçambique devido a vários fatores relacionados com a deficiente disponibilidade e qualidade dos meios humanos e materiais, a falta de água, o congestionamento rodoviário e a inacessibilidade a certas áreas residenciais. A exiguidade orçamental para a área dos bombeiros condiciona a sua capacidade de capacitação. Embora nos últimos anos tenha havido registo de ações de formação no âmbito da cooperação com alguns países, como Portugal e Cuba, tal não basta para conferir robustez operacional dos bombeiros.



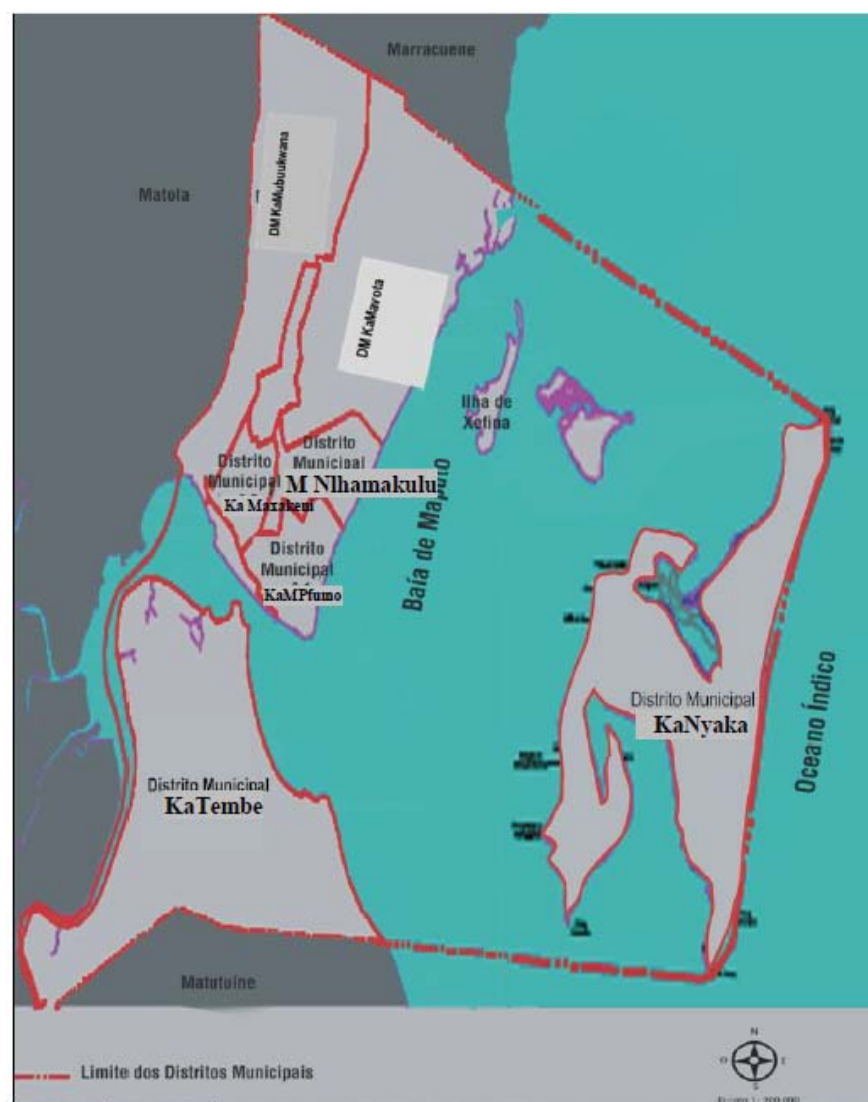
A cidade de Maputo situa-se a 120 km da fronteira com a África do Sul e a 80 km da fronteira com a Suazilândia. A capital de Moçambique localiza-se a oeste da baía de Maputo onde desaguam os rios Tembe, Umbeluzi, Matola e Infulene, a uma altitude média de 47 metros e os seus limites correspondem às latitudes 25º 49' 09" S (extremo norte) e 26º 05' 23" S (extremo sul) e às longitudes 33º 00' 00" E (extremo leste - considerada a ilha de Inhaca) e 32º 26' 15" E (extremo oeste). A norte, a cidade de Maputo faz fronteira com o distrito de Marracuene, a noroeste e oeste com o Município da Matola, a oeste com o distrito de Boane, e a sul com o distrito de Matutuíne, todos pertencentes à província de Maputo.

De acordo com a divisão administrativa em vigor, o Município de Maputo subdivide-se em 7 Distritos (Unidade Administrativa Autárquica) e 61 bairros, sistematizados na tabela 2.1 e representados na figura 2.2. Entretanto, a unidade administrativa mais pequena é o quarteirão, que corresponde à subdivisão dos bairros.

**Tabela 2.1 – Distritos e bairros do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de Maputo, 2011).**

<b>Distritos Municipais</b>	<b>Bairros</b>
KaMpfumu	Central A, Central B, Central C, Alto Maé A, Alto Maé B, Malhangalene A, Malhangalene B, Polana Cimento A, Polana Cimento B, Coop e Sommerchield
Nhlamankulu	Aeroporto A, Aeroporto B, Xipamanine, Minkadjuíne, Unidade 7, Chamanculo A, Chamanculo B, Chamanculo C, Chamanculo D, Malanga e Munhuana
kaMaxakeni	Mafalala, Maxaquene A, Maxaquene B, Maxaquene C, Maxaquene D, Polana Caniço A, Polana Caniço B e Urbanização
kaMavota	Mavalane A, Mavalane B, FPLM, Hulene A, Hulene B, Ferroviário, Laulane, 3 de Fevereiro, Mahotas, Albazine e Costa do Sol
kaMubukwana	Bagamoyo, George Dimitrov, Inhagoia A, Inhagoia B, Jardim, Luís Cabral, Magoanine, Malhazine, Nsalane, 25 de Junho A, 25 de Junho B e Zimpeto
kaTembe	Gwachene, Chale, Inguice, Ncassene e Xamissava
kaNyaka	Ingwane, Ribjene e Nhaquene

O distrito municipal kaMpfumu representa a zona mais urbana do Município, constituindo o núcleo da cidade de Maputo. Os distritos municipais de Nhlamankulu, kaMaxakeni, kaMavota e kaMubukwana localizam-se na zona mista, constituindo a cintura imediata do núcleo urbano da cidade de Maputo, delimitando-a das áreas mais suburbanas e de expansão municipal mais recente. Por seu turno, o distrito kaNyaka é uma ilha e, à semelhança do distrito kaTembe, está fisicamente separado do resto da cidade pela baía de Maputo (Figura 2.2).



**Figura 2.2 – Divisão administrativa do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de Maputo, 2011).**

A área com maiores índices de urbanização pertence ao distrito municipal kaMpfumu que compreende os bairros Central A, Central B, Central C, Alto Maé A, Alto Maé B, Malhangalene A, Malhangalene B, Polana Cimento A, Polana Cimento B, Coop e Sommerchield. Por seu turno, os distritos municipais de kaMavota e kaMubukwana são os que se localizam nas áreas mais periféricas da cidade, sendo resultado do crescimento urbano dos anos pós independência (Araujo, 2006). Devido à indisponibilidade e/ou incongruência de dados de ocorrências de incêndios nos relatórios do SENSAP (Serviço Nacional de Salvação Pública), os bairros dos distritos de kaTembe e kaNyaka não fizeram parte deste trabalho de tese. O estudo cingiu-se na parte continental do Município de Maputo (Figura 2.3), de onde foram selecionados 36 bairros, em função da disponibilidade e fiabilidade dos dados.

## **2.2 População e Indicadores Demográficos do Município de Maputo**

De acordo com o Centro Nacional de Cartografia, Maputo ocupa uma área de 347,69 quilómetros quadrados e tinha uma população de 1 094 315 habitantes, conforme o Censo de 2007, o que representa um aumento de 13,2 % em dez anos (INE, 2007). A densidade demográfica era de 3 148 hab./km<sup>2</sup>. A população do Município de Maputo é maioritariamente jovem (Tabela 2.2), situando-se na ordem dos 60 % os munícipes na faixa etária entre 15 e 59 anos de idade. O grupo de idade mais representativo é o dos 20 a 24 anos com 12, 4 % da população total. Em termos do género, a população masculina é de 48,7 % enquanto a feminina é de 51,3 %, embora quando analisado o grupo de idade mais representativo (20 a 24) a diferença percentual seja ínfima (0,2%).

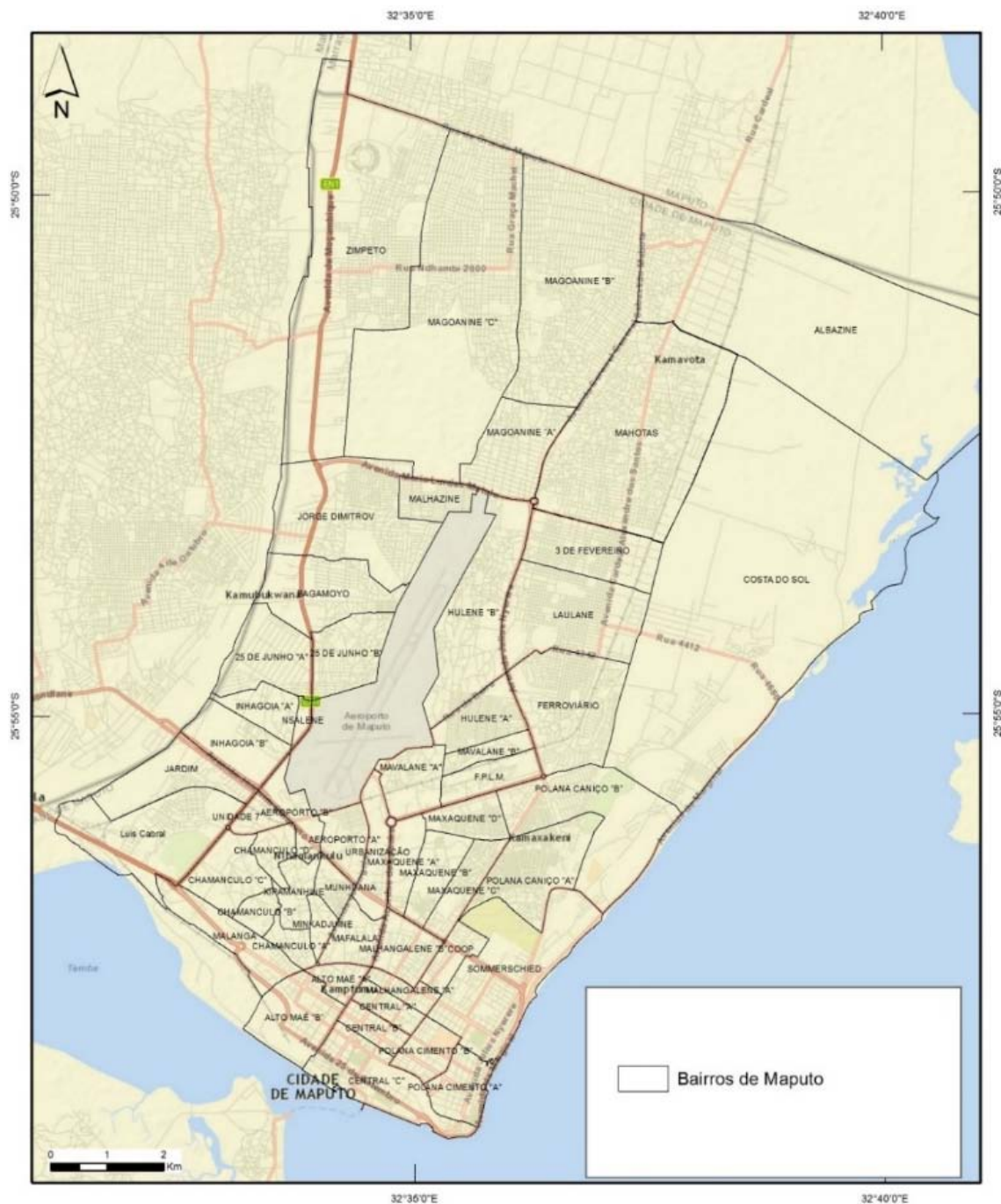


Figura 2.3 – Bairros da parte continental do Município de Maputo.

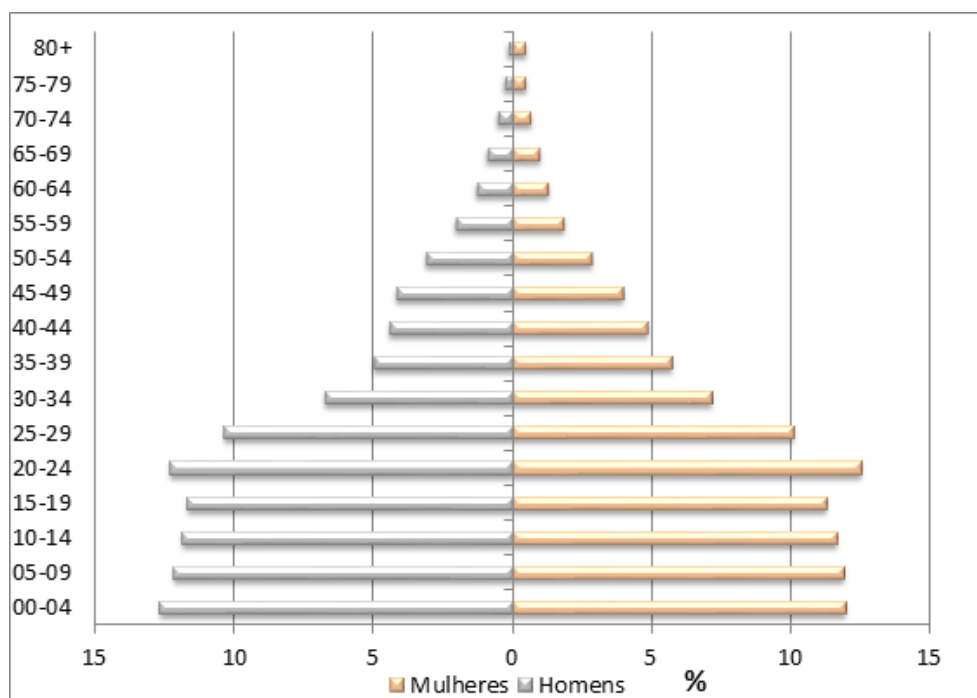
**Tabela 2.2 – População do Município de Maputo e estrutura percentual por género segundo grupos de idade (INE, 2007).**

Grupos de idade	População			Estrutura percentual		
	Ambos géneros	Masculino	Feminino	Ambos géneros	Masculino	Feminino
<b>Cidade de Maputo</b>	<b>1094315</b>	<b>532429</b>	<b>561886</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
00-04	134843	67606	67507	12,3	12,7	12,0
05-09	131660	64801	66859	12,0	12,2	11,9
10-14	128570	63024	65546	11,7	11,8	11,7
15-19	125846	62233	63613	11,5	11,7	11,3
20-24	135739	65397	70342	12,4	12,3	12,5
25-29	112039	55226	56813	10,2	10,4	10,1
30-34	76446	36014	40432	7,0	6,8	7,2
35-39	58965	26591	32374	5,4	5,0	5,8
40-44	51106	23758	27348	4,7	4,5	4,9
45-49	44734	22212	22522	4,1	4,2	4,0
50-54	33187	16777	16140	3,0	3,2	2,9
55-59	21374	10892	10482	2,0	2,0	1,9
60-64	14320	7141	7179	1,3	1,3	1,3
65-69	10283	4861	5422	0,9	0,9	1,0
70-74	7044	3074	3970	0,6	0,6	0,7
75-79	4398	1698	2700	0,4	0,3	0,5
80+	3761	1124	2637	0,3	0,2	0,5
<b>País</b>	<b>19888701</b>	<b>9603031</b>	<b>10285670</b>	<b>100,0</b>	<b>48,3</b>	<b>51,7</b>

A estrutura etária do Município de Maputo segue, naturalmente, a tendência de todo o país. Com efeito, Moçambique apresenta uma estrutura etária própria dos países em desenvolvimento, em que a taxa de natalidade é, em regra, elevada, enquanto a esperança de vida é reduzida.

Da estrutura etária da população do Município de Maputo resulta uma pirâmide típica, que apresenta uma base mais larga e topo mais estreito (Figura 2.4).



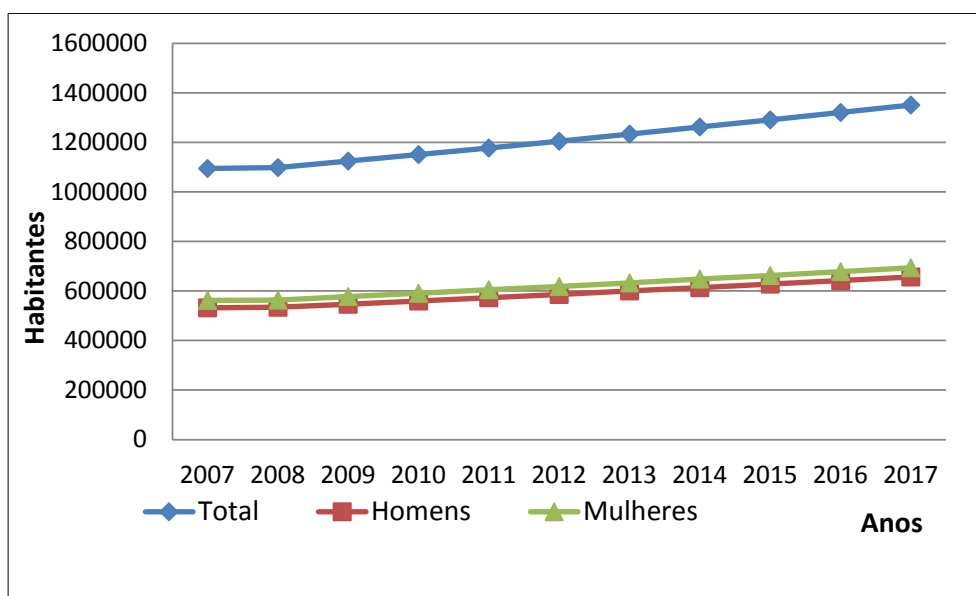


**Figura 2.4 – Pirâmide etária da população do Município de Maputo (Conselho Municipal de Maputo, 2011).**

Em termos de projeções, o Conselho Municipal de Maputo (2011), através da extrapolação dos dados do Censo de 2007, indica que o Município de Maputo irá registar algum crescimento populacional (cerca de 23 %) na década posterior ao censo, passando de 1 094 315 em 2007 para 1 350 642 habitantes em 2017 (Tabela 2.3 e Figura 2.5). Na mesma projeção verifica-se que a taxa de masculinidade, correspondente ao quociente entre os efetivos populacionais do género masculino e os do género feminino, será de 94,8, ou seja, por cada 100 mulheres existirão 94,8 homens.

**Tabela 2.3 – Projeções da população do Município de Maputo por género para o período de 2007 – 2017 (Conselho Municipal de Maputo, 2011) - extrapolação dos dados do INE, 2007.**

Anos	Total	Homens	Mulheres	Índice de Masculinidade
2007	1094315	532429	561886	94,8
2008	1098086	534264	563822	94,8
2009	1124201	546970	577231	94,8
2010	1150759	559891	590868	94,8
2011	1177798	573047	604751	94,8
2012	1205358	586456	618902	94,8
2013	1233424	600111	633313	94,8
2014	1261976	614003	647973	94,8
2015	1290991	628120	662871	94,8
2016	1320520	642487	678033	94,8
2017	1350642	657143	693499	94,8

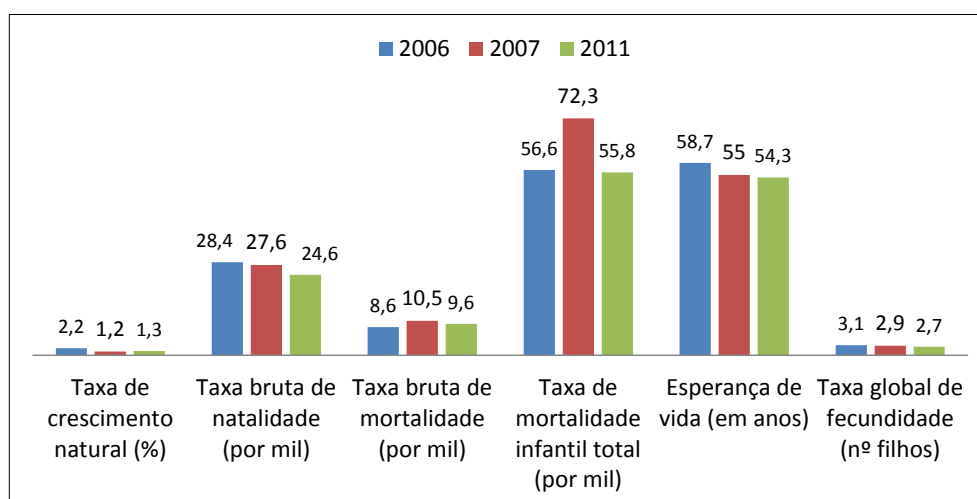


**Figura 2.5 – Representação gráfica das projeções da população do Município de Maputo por género para o período de 2007 – 2017 (Conselho Municipal de Maputo, 2011) - extrapolação dos dados do INE, 2007.**

A tabela 2.4 e a figura 2.6 apresentam a evolução recente de alguns indicadores demográficos para o Município de Maputo, nomeadamente a taxa de crescimento natural, a taxa bruta de natalidade, a taxa bruta de mortalidade, a taxa de mortalidade infantil, a esperança de vida e a taxa global de fecundidade.

**Tabela 2.4 – Indicadores demográficos no Município de Maputo 2006, 2007 e 2011 (Conselho Municipal de Maputo, 2011).**

Designação	2006	2007	2011
Taxa de crescimento natural (%)	2,2	1,2	1,3
Taxa bruta de natalidade (por mil)	28,4	27,6	24,6
Taxa bruta de mortalidade (por mil)	8,6	10,5	9,6
Taxa de mortalidade infantil total (por mil)	56,6	72,3	55,8
Esperança de vida (em anos)	58,7	55	54,3
Taxa global de fecundidade (nº filhos)	3,1	2,9	2,7



**Figura 2.6 – Representação gráfica dos indicadores demográficos no Município de Maputo 2006, 2007 e 2011 (Conselho Municipal de Maputo, 2011).**

A esperança de vida em Maputo decresceu de 2006 a 2011, passando de 58,7 anos para 54,3 anos. Este comportamento pode dever-se à pobreza absoluta que afeta a maioria da população, a altas taxas de mortalidade infantil, que se situam acima de 50%, e também à prevalência de doenças epidemiológicas como malária, cólera e VIH/SIDA.

Em termos globais o distrito de Nhlamankulu é o mais populoso do Município de Maputo, com uma densidade populacional de 22 209 hab./Km<sup>2</sup>, considerada uma área de 7 km<sup>2</sup>, enquanto o distrito de kaMavota é o menos populoso ao apresentar uma densidade populacional na ordem de 4 443 hab./km<sup>2</sup>, considerada uma área de 51 km<sup>2</sup>. A distribuição populacional pelos bairros segue uma tendência em que as melhores condições sociais estão associadas à densidade populacional mais baixa, enquanto as piores condições sociais acompanham a densidade populacional mais elevada.

### **2.2.1 Caracterização da população do Município ao nível dos bairros de cada distrito.**

O distrito municipal kaMpfumu é constituído por onze bairros, dos quais dois foram excluídos deste trabalho, nomeadamente Alto Maé A e Polana Cimento A, devido a deficiências dos dados disponíveis sobre o número de incêndios.

A tabela 2.5 mostra que o distrito municipal kaMpfumu apresenta uma população de 106 250 pessoas, sendo 54 787 mulheres e 51 463 homens. Malhangalene B é o bairro com maior número de habitantes (17 348), seguido dos bairros Alto Maé B, Central B e Central A, todos com uma população acima de 10 mil pessoas. Por seu turno, os bairros Sommerchield, Alto Maé A, Central C, Polana Cimento A, Polana Cimento B,

Malhangalene A e Coop são os que apresentam menor número de população, todos abaixo de 10 mil habitantes.

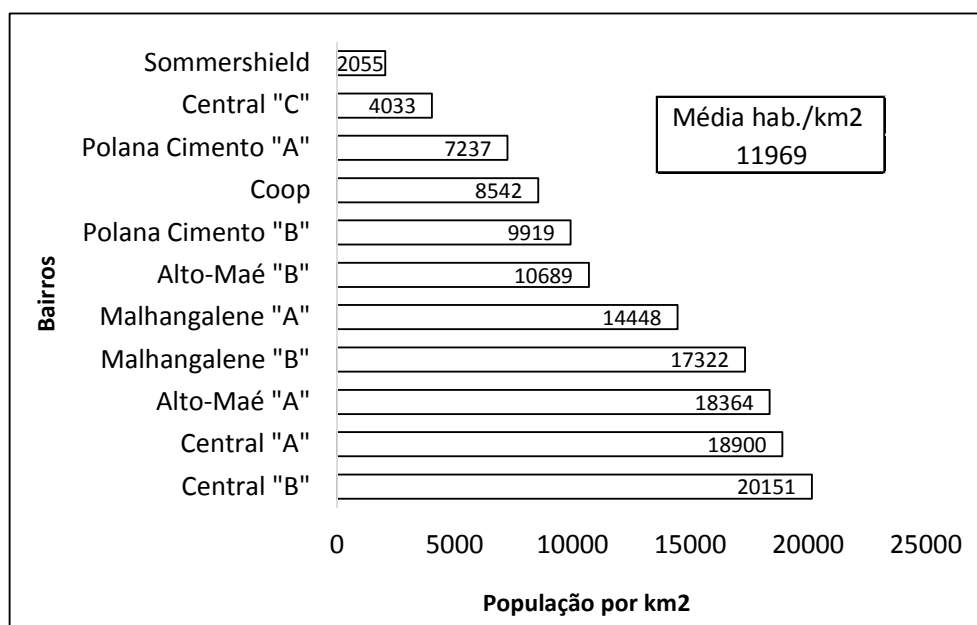
**Tabela 2.5 – População do distrito municipal kaMpfumu por bairros (Conselho Municipal, 2010).**

<b>Bairro</b>	<b>População</b>	<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>
Central B	11375	5494	5881
Central A	10679	5116	5563
Alto-Maé A	8800	4222	4578
Malhangalene B	17348	8450	8898
Malhangalene A	6618	3231	3387
Alto-Maé B	12461	6070	6391
Polana Cimento B	8131	3861	4270
Coop	5639	2755	2884
Polana Cimento A	7807	3788	4019
Central C	8352	4067	4285
Sommershiel	9040	4409	4631
<b>Total</b>	<b>106250</b>	<b>51463</b>	<b>54787</b>

O distrito municipal kaMpfumu apresenta uma densidade populacional média por bairro de 11 969 hab./km<sup>2</sup>, sendo que a maior concentração da população verifica-se nos bairros Central B, Central A, Alto Maé A, Malhangalene B, Malhangalene A e Alto Maé B, com densidade populacional variável entre 10 e 21 mil hab/km<sup>2</sup>. Por seu turno, os bairros Polana Cimento B, Coop, Polana Cimento A, Central C e Sommerchiel são os menos povoados, com uma densidade populacional abaixo dos 10 mil hab./km<sup>2</sup> (Figura 2.7).

À semelhança do anterior, o distrito municipal de Nhlamankulu é formado por onze bairros (Tabela 2.6), dos quais quatro (Malanga, Munhuana, Unidade 7 e Aeroporto A)

foram excluídos do presente estudo devido a deficiências dos dados disponíveis quanto aos eventos de incêndios.



**Figura 2.7 – Número de habitantes por km<sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMpfumu (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).**

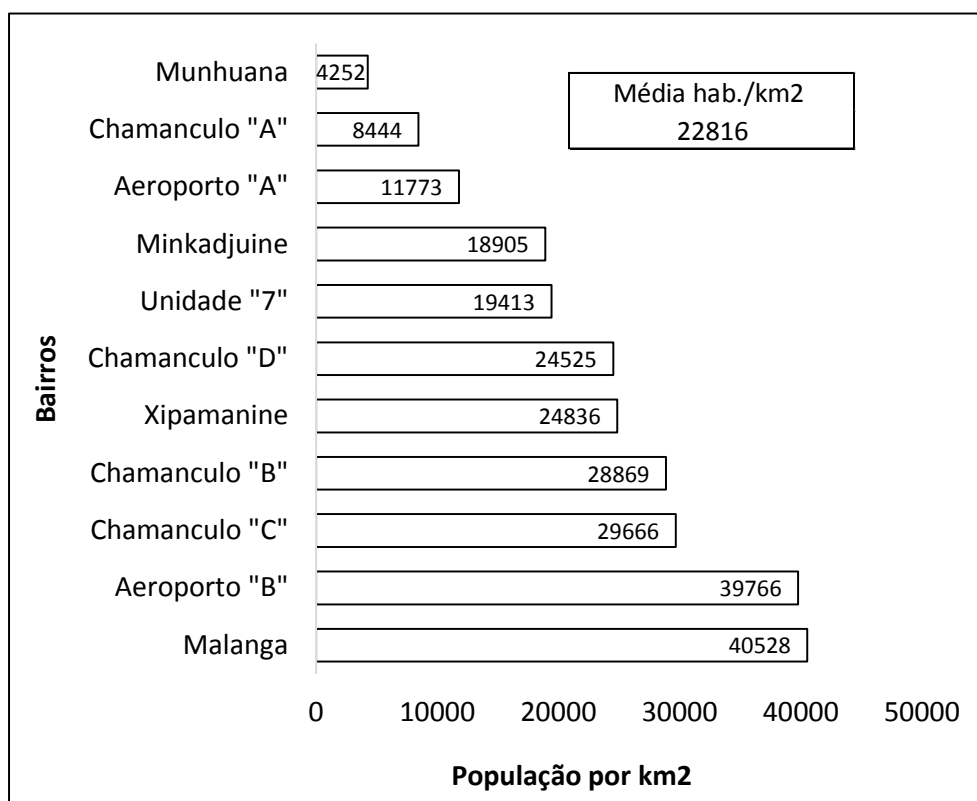
O distrito municipal de Nhlamankulu apresenta uma população de 155 462 pessoas, sendo que o bairro de Chamanculo C é o que apresenta maior número de habitantes (26 179), seguido pelo bairro do Xipamanine, com 20 139. Numa posição mediana da tabela aparecem os bairros do Aeroporto A, Chamanculo D, Chamanculo A e Chamanculo B, todos com uma população entre 10 e 17 mil habitantes. Já os bairros de Unidade 7, Minkadjuine e Munhuana são os menos povoados, os primeiros dois com cerca de 8 mil habitantes enquanto o último tem apenas 3 103 residentes. Constata-se ainda a existência de mais mulheres (79 263) do que homens (76 199) neste distrito, seguindo a lógica da situação demográfica de todo o Município.

**Tabela 2.6 – População do distrito municipal de Nhlamankulu por bairros (Conselho Municipal, 2010).**

<b>Bairro</b>	<b>População</b>	<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>
Chamanculo C	26179	12517	13662
Xipamanine	20139	9954	10185
Aeroporto B	17857	8894	8963
Malanga	17276	8619	8657
Aeroporto A	16407	7994	8413
Chamanculo D	13578	6658	6920
Chamanculo A	12758	6288	6470
Chamanculo B	10654	5137	5517
Unidade 7	8890	4421	4469
Minkadjuine	8621	4224	4397
Munhuana	3103	1493	1610
<b>Total</b>	<b>155462</b>	<b>76199</b>	<b>79263</b>

No distrito municipal de Nhlamankulu o número médio de habitantes por km<sup>2</sup> é de 22 816, sendo que a distribuição da população mostra que há maior concentração nos bairros da Malanga e Aeroporto B, ambos com uma densidade populacional acima de 39 mil hab./Km<sup>2</sup> (Figura 2.8).

Numa posição mediana encontram-se os bairros do Chamanculo C, Chamanculo B, Xipamanine, Chamanculo D, Unidade 7 e Minkadjuine, cuja densidade populacional se situa entre 18 e 30 mil hab./km<sup>2</sup>. Por fim, os bairros de Aeroporto A, Chamanculo A e Munhuana apresentam uma relativa fraca densidade populacional, variável entre 4 e 11 mil hab./km<sup>2</sup>. A quebra na densidade populacional nestes últimos bairros pode ser explicada pelo facto destes possuírem áreas extensas ocupadas por jardins, parques e estabelecimentos de ensino ou de culto, cuja população utente é recenseada nos seus habituais bairros de residência. No caso particular do bairro do Aeroporto A, acresce a existência do Aeroporto Internacional de Maputo que ocupa uma extensa área, não sendo por isso habitada.



**Figura 2.8 – Número de habitantes por km<sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal de Nhlamankulu (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).**

Com uma população total de 223 936 habitantes, dos quais 114 736 são mulheres e 109 200 são homens, o distrito municipal KaMaxakene localiza-se numa zona relativamente mais periférica da cidade e integra oito bairros, sistematizados na tabela 2.7. No entanto, devido ao mesmo problema de incongruência dos dados disponíveis sobre os incêndios registados no período estudado, foi excluído o bairro da Polana Caniço A.



**Tabela 2.7 – População do distrito municipal kaMaxakeni por bairros (Conselho Municipal, 2010).**

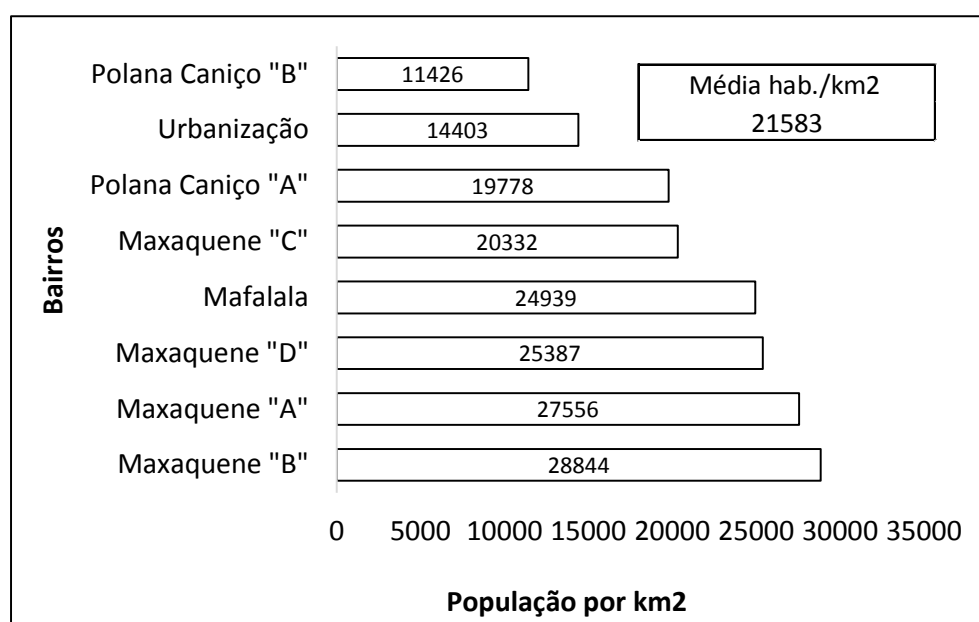
<b>Bairro</b>	<b>População</b>	<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>
Mafalala	20978	10204	10774
Maxaquene A	22750	11135	11615
Maxaquene B	30431	14889	15542
Maxaquene C	19561	9513	10048
Maxaquene D	22351	10903	11448
Polana Caniço A	45883	22322	23561
Polana Caniço B	46184	22554	23630
Urbanização	15798	7680	8118
<b>Total</b>	<b>223936</b>	<b>109200</b>	<b>114736</b>

Os bairros Polana Caniço B, Polana Caniço A e Maxaquene B são os que apresentam maior número de habitantes, na ordem das 30 a 46 mil pessoas. Em segundo plano encontram-se três bairros, Maxaquene A, Maxaquene D e Mafalala, todos com uma população entre 20 e 22 mil habitantes. Por fim encontram-se os bairros de Maxaquene C e Urbanização com uma população entre 15 e 19 mil pessoas.

A população ao nível do distrito municipal kaMaxakeni apresenta uma distribuição dualista, existindo seis bairros densamente povoados (Maxaquene B, Maxaquene A, Maxaquene D, Mafalala, Maxaquene C e Polana Caniço A), com uma densidade populacional situada entre 19 e 29 mil hab./km<sup>2</sup> (Figura 2.9). A concentração da população nestes bairros pode ser explicada pelo facto de constituírem zonas de expansão urbana, principalmente desde finais da década de 90, com o fim da guerra civil.

Com um perfil oposto encontram-se os bairros da Polana Caniço B e da Urbanização que têm uma densidade populacional entre 11 e 15 mil hab./km<sup>2</sup>. A fraca concentração da população nestes dois bairros pode ser explicada por razões diferentes. Com efeito, em relação ao bairro de Polana Caniço B, influi a sua

localização geográfica junto à costa, havendo muitos espaços pantanosos e por isso inadequados para habitação. O bairro da Urbanização, por sua vez, é constituído por áreas não habitacionais que ocupam superfícies relativamente extensas como, por exemplo, estabelecimentos comerciais, instituições de pesquisa, praças e campos de futebol.



**Figura 2.9 – Número de habitantes por km<sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMaxakeni (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).**

O distrito municipal KaMavota é constituído por onze bairros (Tabela 2.8). Em função da qualidade dos dados disponíveis sobre as ocorrências de incêndios, apenas integram este trabalho os bairros de Hulene B, Ferroviário, Mahotas, FPLM, e Costa do Sol.

**Tabela 2.8 – População do distrito municipal kaMavota por bairros (Conselho Municipal, 2010).**

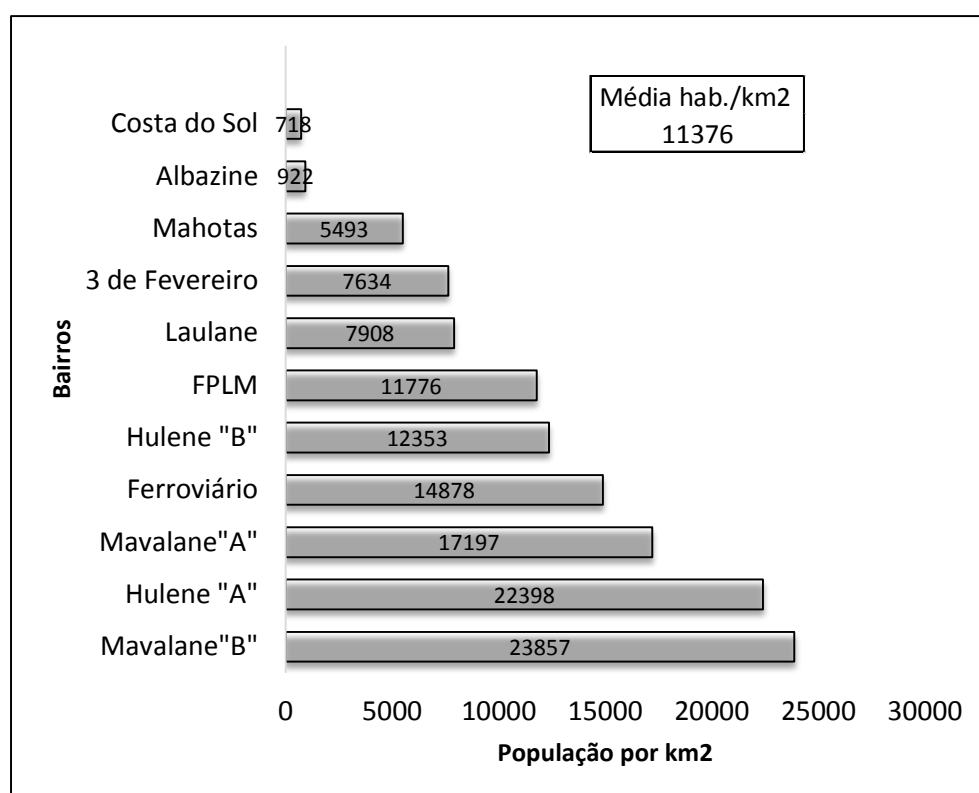
<b>Bairro</b>	<b>População</b>	<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>
Ferrovário	49877	23770	26107
Mahotas	47508	22785	24723
Hulene B	45390	21647	23743
Hulene A	28240	13797	14443
Laulane	27969	13494	14475
Mavalane A	20829	10010	10819
Costa do Sol	16828	8336	8492
3 de Fevereiro	16710	8024	8686
Albazine	15957	7657	8300
Mavalane B	13030	6280	6750
FPLM	11428	5501	5927
<b>Total</b>	<b>293766</b>	<b>141301</b>	<b>152465</b>

O distrito municipal kaMavota situa-se na periferia da cidade de Maputo e é formado por bairros de expansão, que são habitados, maioritariamente, por populações que emigraram das outras zonas do país, devido a várias razões, com destaque para a guerra civil e a procura de melhores condições de vida.

Este distrito tem uma população de 293 766 habitantes, dos quais 141 301 são do género masculino e os restantes do género feminino. Os bairros com maior número de habitantes são os de Ferrovário, Mahotas e Hulene B, com população total entre 45 a 49 mil pessoas. Com valores entre 20 e 29 mil habitantes encontram-se os bairros de Hulene A, Laulane e Mavalane A. Os restantes bairros do distrito apresentam uma população entre 11 e 17 mil habitantes.

O distrito municipal kaMavota apresenta uma densidade média de 11 376 hab./km<sup>2</sup> e os bairros mais populosos são os de Mavalane B e Hulene A, ambos com uma densidade populacional entre 22 e 24 mil hab./km<sup>2</sup> (Figura 2.10). Em posição

secundária encontram-se os bairros de Mavalane A, Ferroviário, Hulene B e FPLM, todos com uma densidade populacional entre 11 e 18 mil hab./km<sup>2</sup>. Todos os bairros acima descritos são zonas suburbanas ocupadas, maioritariamente, por famílias emigrantes de outras províncias, principalmente durante a guerra civil que assolou o país nas décadas de 80 e 90 do século XX. Mesmo com o fim da guerra civil, muitas famílias não regressaram às suas zonas de origem, optando por fixar residência definitiva nesses bairros que, assim, foram crescendo ano pós ano como bairros de expansão urbana da cidade de Maputo.



**Figura 2.10 – Número de habitantes por km<sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMavota (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).**

Os bairros de Laulane, 3 de Fevereiro, Mahotas, Albazine e Costa do Sol, registam densidade populacional abaixo de 10 mil hab./km<sup>2</sup>, com destaque para o mínimo

registado no bairro da Costa Sol (718 hab./km<sup>2</sup>). A baixa densidade populacional que se verifica nestes bairros pode estar relacionada com o efeito da sua extensão, uma vez que são espaços de grandes dimensões e, até ao Censo de 2007, encontravam-se no processo de parcelamento para posterior ocupação. A baixa densidade populacional do bairro da Costa do Sol pode ser ainda explicada pela sua localização junto à zona costeira, existindo extensas áreas não habitáveis devido ao seu potencial risco de erosão costeira e de movimentos de vertente.

O distrito municipal KaMubukwana é constituído por catorze bairros dos quais integraram o presente estudo os seguintes: Bagamoyo, George Dimitrov, Inhagoia B, Jardim, Luís Cabral, Malhazine, 25 de Junho A, 25 de Junho B e Zimpeto. Como se verifica na tabela 2.9, o distrito apresenta um efetivo total de 293 995 habitantes, dos quais 141 164 são do género masculino e 152 831 são do género feminino. Há que notar que o distrito municipal kaMubukwana situa-se numa zona suburbana, principalmente a área ocupada pelos bairros de Magoanine A, Zimpeto, Malhazine que estão no limite do Município a norte.

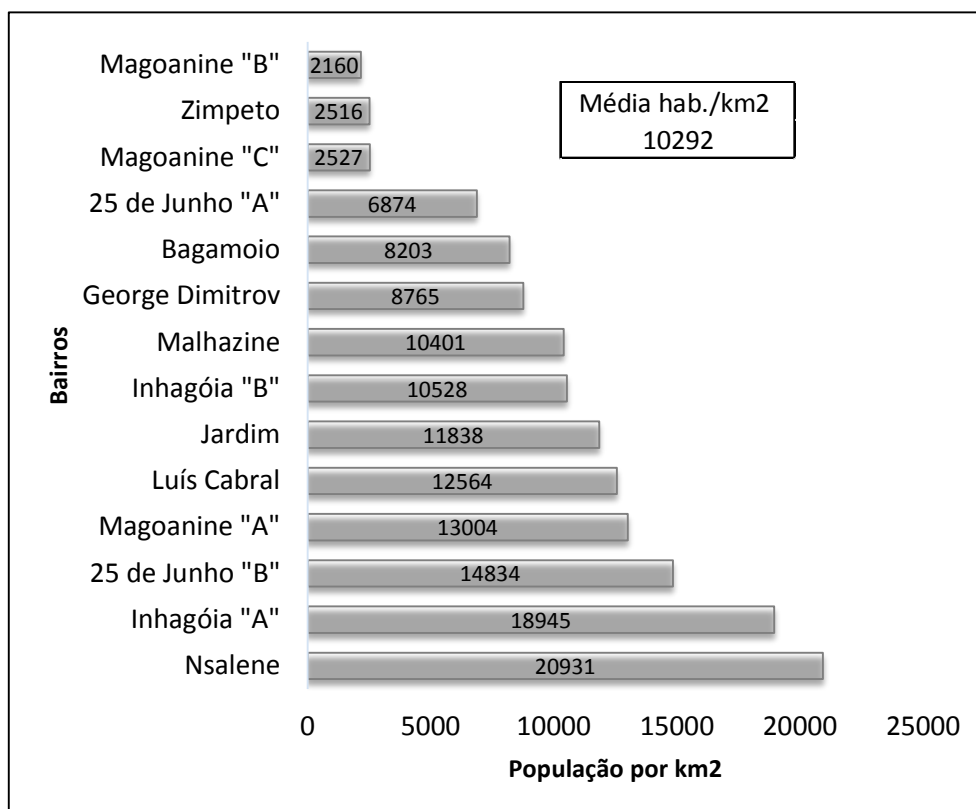
Os bairros com maior número de habitantes são os de George Dimitrov, Luís Cabral e Magoanine C com uma população entre 31 e 41 mil pessoas. Em posição secundária encontram-se os bairros de Magoanine A, Zimpeto, 25 de Junho B, Bagamoio, Magoanine B, Inhagoia A e Inhagoia B, com uma população entre 16 e 29 mil habitantes. Os bairros com menor número de habitantes são os de 25 de Junho A, Jardim, Malhazine e Nsalene, cuja população se situa entre 4 e 14 mil habitantes.

**Tabela 2.9 – População do distrito municipal kaMubukwana por bairros (Conselho Municipal, 2010).**

<b>Bairro</b>	<b>População</b>	<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>
George Dimitrov	40972	19615	21357
Luís Cabral	33800	16621	17179
Magoanine C	31234	14885	16349
Magoanine A	28194	13360	14834
Zimpeto	27689	13157	14532
25 de Junho B	23756	11331	12425
Bagamoio	19995	9683	10312
Magoanine B	17160	8194	8966
Inhagóia A	16405	7932	8473
Inhagóia B	16153	7739	8414
25 de Junho A	13154	6364	6790
Jardim	12720	6141	6579
Malhazine	8752	4214	4538
Nsalene	4011	1928	2083
<b>Tota</b>	<b>293995</b>	<b>141164</b>	<b>152831</b>

Pese embora a reduzida população presente em termos absolutos em Nsalene, este bairro, com reduzida dimensão (0,2 km<sup>2</sup>), é o que apresenta maior densidade populacional, com um total de 20 931 hab./km<sup>2</sup> (Figura 2.11). Outros bairros relativamente mais povoados são os de Inhagoia A, 25 de Junho B, Magoanine A, Luís Cabral, Jardim, Inhagoia B e Malhazine, com densidade populacional acima de 10 mil hab./km<sup>2</sup>. Numa outra dimensão encontram-se os bairros George Dimitrov, Bagamoio, 25 de Junho A, Magoanine C, Zimpeto e Magoanine B, com densidade populacional situada entre 2 e 9 mil hab/km<sup>2</sup>. Em termos relativos, o bairro menos povoado é o de Magoanine B com uma densidade populacional de 2 160 hab./km<sup>2</sup>, considerada uma área de 7,9 km<sup>2</sup>. Como se fez referência, para além de serem bairros extensos, à data do Censo 2007 muitos destes espaços encontravam-se no processo gradual de

povoamento, por isso tinham extensas áreas desabitadas, daí que apresentem uma média de 10 292 habitantes por km<sup>2</sup>.



**Figura 2.11 – Número de habitantes por km<sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaMubukwana (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).**

Com uma população total de 20 629 habitantes, dos quais 9 964 do género masculino e 10 665 do género feminino, o distrito municipal kaTembe é constituído por um total de cinco bairros (Tabela 2.10).

**Tabela 2.10 – População do distrito municipal kaTembe por bairros (Conselho Municipal, 2010).**

<b>Bairros</b>	<b>População</b>	<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>
Chali	4753	2289	2464
Inguide	4643	2345	2298
Incassane	4015	1868	2147
Guachene	3759	1841	1918
Chamissava	3459	1621	1838
<b>Total</b>	<b>20629</b>	<b>9964</b>	<b>10665</b>

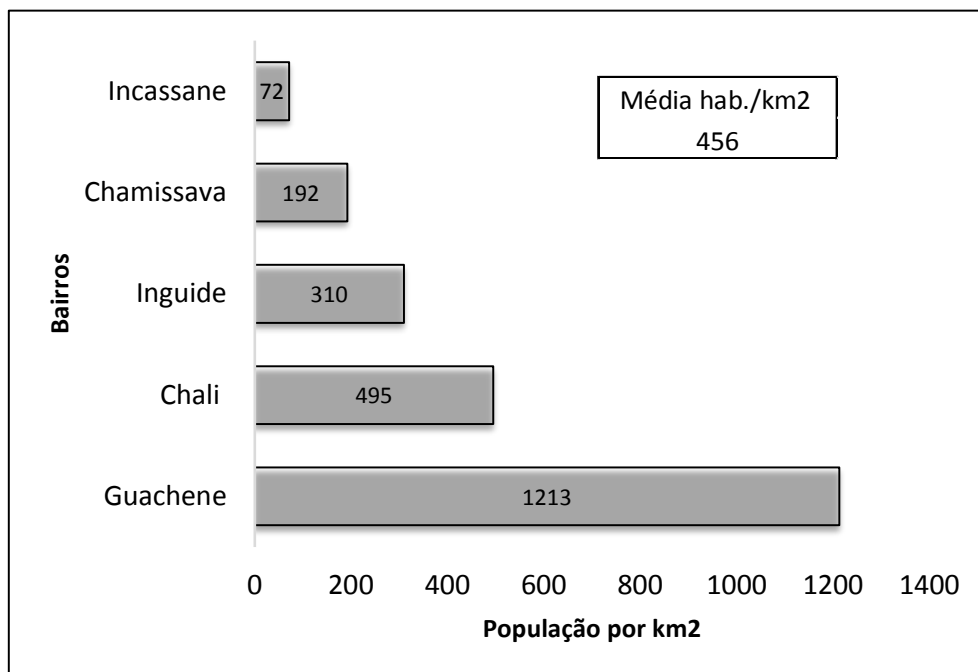
Os bairros de Chali, Inguide, Incassane são os que registam maior número de habitantes, com uma população superior a 4 mil pessoas. Completam o distrito os bairros de Guachene e de Chamissava com uma população entre 3,4 e 3,8 mil habitantes.

Como se observa na figura 2.12, o distrito municipal kaTembe apresenta uma ocupação relativamente menor quando comparado com os outros até aqui descritos, com uma média de 456 habitantes por km<sup>2</sup>, facto que pode ser associado à sua localização geográfica na margem sul da baía de Maputo e às dificuldades de acesso daí decorrentes. Guachene é o bairro com maior densidade populacional com 1 213 hab./km<sup>2</sup>, seguido de Chali e Inguide com 495 e 310 hab./km<sup>2</sup>. Os bairros menos populosos do distrito são Chamissava e Incassane, com uma ocupação de, respetivamente, 192 e 72 hab./km<sup>2</sup>. Trata-se de bairros extensos, em áreas não muito apropriadas para a prática de agricultura, sendo a base de sustentação das populações a pesca e o turismo.

Por fim, o distrito municipal kaNyaka corresponde a uma ilha com apenas três bairros (Tabela 2.11): Inguane, o mais populoso com 2 235 habitantes, Ribzene e Nhaquene, cujo número de habitantes é de 1 696 e 1 280, respetivamente. Apesar do esforço empreendido junto das entidades locais não foi possível obter o número da população



por género nem as áreas dos bairros. Este último facto inviabilizou o cálculo da densidade populacional a esse nível de divisão administrativa mas foi possível calcular a densidade populacional do distrito, a qual se situa em 124 hab./km<sup>2</sup>, considerando uma área de 42 km<sup>2</sup>.



**Figura 2.12 – Número de habitantes por km<sup>2</sup> nos bairros do distrito municipal kaTembe (fonte de dados: Conselho Municipal, 2010).**

**Tabela 2.11 – População do distrito municipal kaNyaka por bairros (Conselho Municipal, 2010).**

Bairros	População
Inguane	2235
Ribzeni	1696
Nhaquene	1280
<b>Total</b>	<b>5211</b>

### **2.3 Caracterização dos Bairros Seleccionados**

Esta secção apresenta a área dos bairros seleccionados para o estudo e focaliza-se na caracterização da edificação e infraestruturas presentes no território, elementos fundamentais no domínio do risco de incêndios urbanos. Apresenta-se igualmente a estratificação dos bairros estudados pelo nível de ocupação e distribuição da população pelo território. Como já se fez menção, devido a incongruências e em certos casos indisponibilidade de dados do histórico de incêndios, a área de estudo desta tese está limitada a 36 bairros (Figura 2.13), correspondentes a 59 % do total dos bairros do Município de Maputo. Este número de bairros estudados é representativo tendo em conta que, à exceção dos distritos insulares de kaTembe e kaNyaka, todos os distritos encontram-se representados, o que possibilitou a captação das características presentes em cada distrito municipal.



Somershield, cuja característica física mais importante é a presença de edifícios de alvenaria, maioritariamente prédios com mais de 2 pisos, construídos no período colonial. Em termos de infraestruturas sociais, são bairros com maior rede de estradas pavimentadas, embora na sua maioria com deficiências visíveis a nível de saneamento e no fornecimento de corrente elétrica, a que acrescem dificuldades de acesso no interior dos quarteirões devido ao mau estado das vias.

Localizados na zona imediatamente a seguir ao núcleo da cidade encontram-se os bairros de Xipamanine, Mikadjuine, Mafalala, Chamanculo A, Chamanculo B, Chamanculo C, Chamanculo D, Maxaquene A, Maxaquene B, Maxaquene C, Maxaquene D, Polana Caniço B e Costa do Sol, onde as edificações apresentam características mistas, sendo possível encontrar prédios, casas de madeira e zinco, edifícios novos e velhos. Do ponto de vista de infraestruturas sociais, regista-se um grande défice de saneamento, deficiências na rede de fornecimento de energia, ligações clandestinas de corrente elétrica, deficiente fornecimento de água potável e deficiente ordenamento territorial. A nível dos quarteirões há registo de intensa atividade comercial informal, proliferação de pequenas oficinas auto ou similares, que usam a soldadura como principal ferramenta de trabalho.

Na zona mais periférica da área urbana encontra-se a maioria dos bairros estudados, nomeadamente, Urbanização, FPLM, Jardim, Inhagoia B, 25 de Junho A, 25 de Junho B, Bagamoio, George Dimitrov, Aeroporto B, Luís Cabral, Ferroviário, Mahotas, Malhazine e Zimpeto. Nestes bairros há uma miscelânea de tipologia de edificação, existindo quarteirões com casas de alvenaria convencional e outros com casas de materiais precários. Regra geral, há deficiências no fornecimento de serviços públicos como eletricidade, que regista interrupções constantes, e o saneamento é deficiente. São áreas com uma vida mais rural que urbana, apesar da atual tendência para a expansão de projetos de urbanização para estes bairros.

A figura 2.14 representa a área de estudo por quarteirões, que são as unidades administrativas imediatamente inferiores aos bairros, sendo delimitados por ruas ou

algumas avenidas. No total, foram abrangidos por este trabalho 1 779 quarteirões, dos 36 bairros de cinco distritos do Município de Maputo.

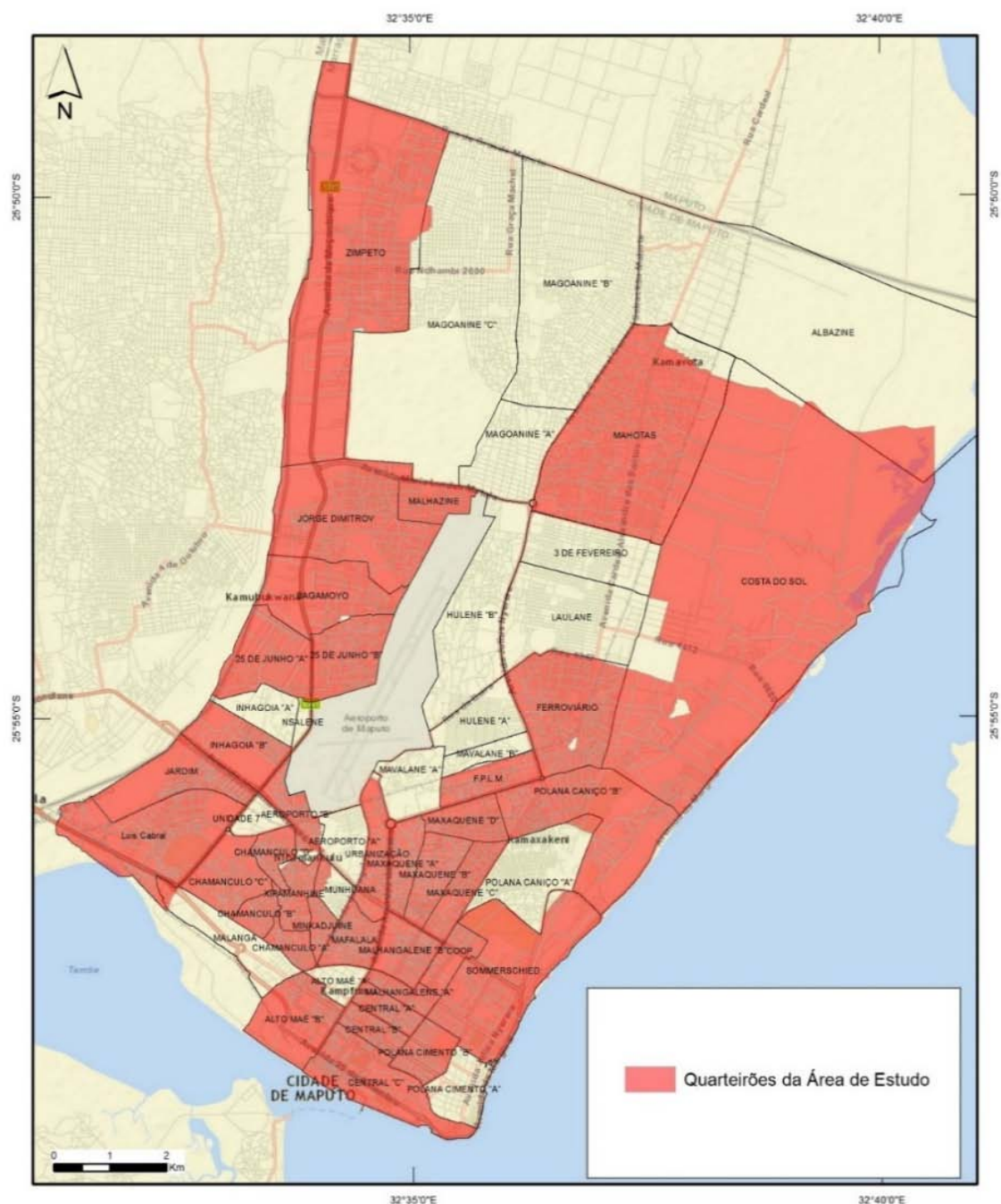


Figura 2.14 – Quarteirões da área de estudo.

A distribuição dos quarteirões pelos bairros selecionados está sistematizada na tabela 2.12 onde se verifica que Ferroviário é o bairro com maior número de quarteirões (105) correspondentes a 5,9 % do total enquanto Malhazine é o bairro com o menor número de quarteirões (16) equivalentes a 0,9 % do total.

**Tabela 2.12 – Distribuição dos quarteirões por bairros selecionados.**

<b>Bairros Selecionados</b>	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>%</b>
Ferroviário	105	5,9
Zimpeto	93	5,2
Luís Cabral	89	5,0
Polana Caniço B	87	4,9
Central C	84	4,7
George Dimitrov	79	4,4
Maxaquene B	77	4,3
Mahotas	66	3,7
Maxaquene A	64	3,6
Central B	62	3,5
Mafalala	58	3,3
Xipamanine	58	3,3
Malhangalene B	52	2,9
Sommersfield	49	2,8
Central A	47	2,6
Polana Cimento B	47	2,6
25 de Junho B	46	2,6
Alto Maé B	45	2,5
Chamanculo C	45	2,5
Aeroporto B	44	2,5
Maxaquene C	42	2,4
Costa do Sol	41	2,3
Chamanculo D	40	2,2
Maxaquene D	40	2,2
Jardim	36	2,0
Inhagoia B	33	1,9
Coop	31	1,7
Urbanização	28	1,6
Chamanculo A	27	1,5
Mikadjuine	27	1,5
Bagamoio	26	1,5
Malhangalene A	26	1,5
FPLM	24	1,3
Chamanculo B	23	1,3
25 de Junho A	22	1,2
Malhazine	16	0,9
<b>Total</b>	<b>1779</b>	<b>100,0</b>

### **2.3.1 Distribuição da população nos trinta e seis bairros estudados**

Na secção 2.2.1 foi abordada a distribuição da população nos bairros de cada distrito do Município de Maputo. Nesta subsecção retoma-se o assunto, agora circunscrito aos trinta e seis bairros seleccionados para este trabalho.

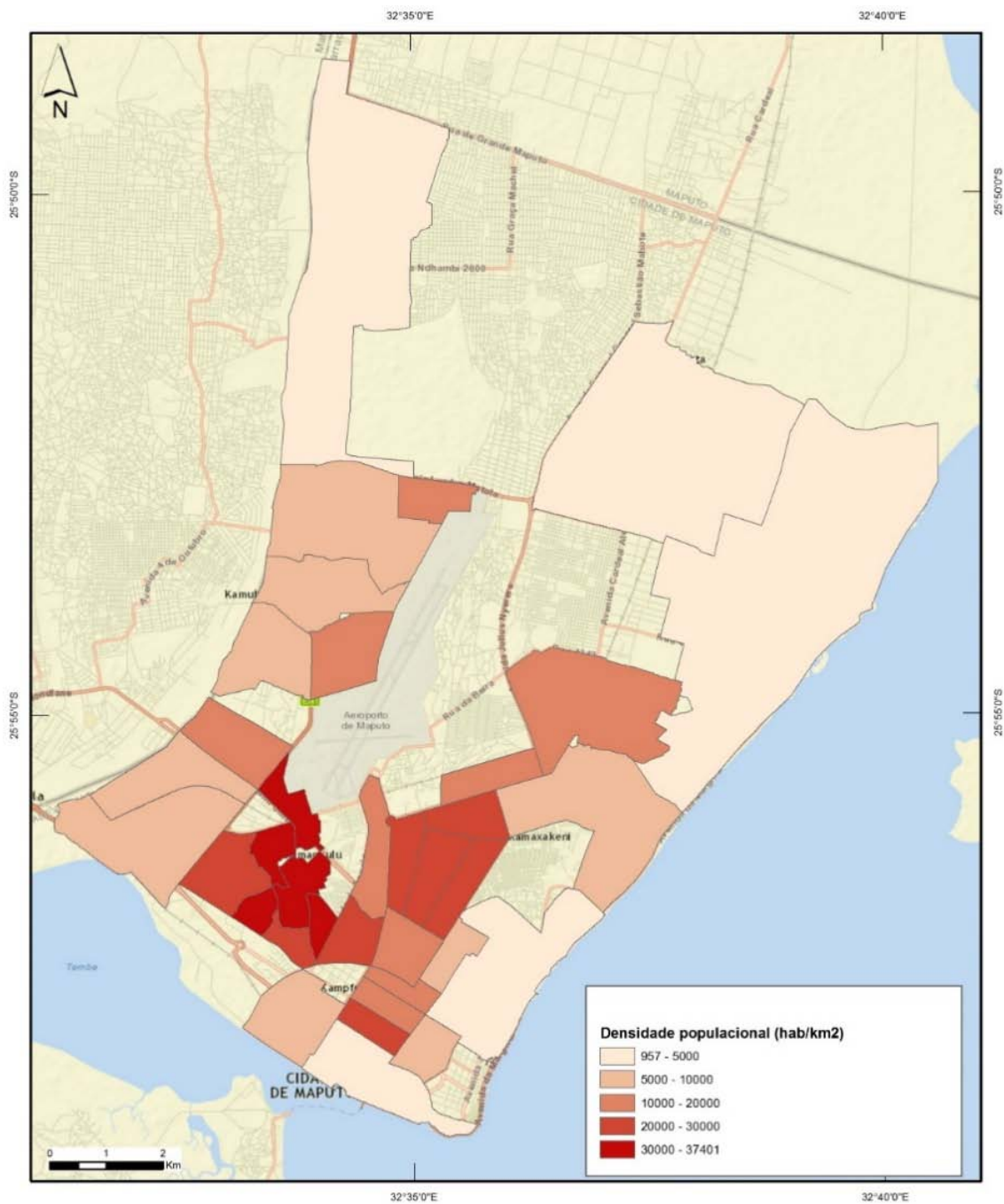
A distribuição da população do Município do Maputo pelos bairros seleccionados é desigual, destacando-se quatro bairros com população entre quarenta e cinquenta mil habitantes: Polana Caniço, Ferroviário, Mahotas e George Dimitrov. A seguir realçam-se os bairros de Chamanculo C, Luís Cabral, Maxaquene B e Xipamanine, todos com uma população entre trinta e quarenta mil habitantes. Com uma população entre vinte e trinta mil habitantes encontram-se os bairros de Zimpeto, Aeroporto B, 25 de Junho B, Maxaquene A, Maxaquene D, Mafalala e Chamanculo. Os bairros de Bagamoio, Maxaquene C, Malhangalene B, Costa do Sol, Inhagoia B, Urbanização, Chamanculo B, 25 de Junho A, Mikadjuine, Chamanculo A, Jardim, Alto Maé B, FPLM, Central B e Central A têm uma população entre dez e vinte mil habitantes, constituindo o conjunto mais representativo. Por fim, encontram-se seis bairros com uma população mais reduzida, entre cinco e dez mil habitantes: Sommershield, Malhazine, Central C, Polana Cimento B e Malhangalene A e Coop (Figura 2.15).





A figura 2.16 ilustra a densidade populacional dos trinta e seis bairros da área de estudo, sendo evidente que não há coincidência entre os bairros com maior população e os com maior densidade populacional.

Os bairros com maior densidade populacional (nº de habitantes por quilómetro quadrado) são: Chamanculo B, Aeroporto B, Xipamanine, Chamanculo e Mikadjuine com trinta a quarenta mil pessoas por quilómetro quadrado. Segue-se um conjunto de oito bairros com uma população de vinte a trinta mil habitantes por quilómetro quadrado: Maxaquene B, Chamanculo A, Chamanculo C, Maxaquene A, Maxaquene D, Mafalala, Maxaquene C e Central B. Os bairros Central A, Malhangalene B, 25 de Junho B, Urbanização, Malhangalene A, FPLM, Ferroviário, Inhagoia B, Malhazine apresentam uma densidade populacional compreendida entre dez e vinte mil pessoas por quilómetro quadrado. Os bairros de Polana Cimento B, Polana Caniço B, Luís Cabral, George Dimitrov, Bagamoio, Coop, Alto Maé B, 25 de Junho A e Jardim têm uma ocupação de cinco a dez mil habitantes por quilómetro quadrado. Finalmente, destacam-se cinco bairros menos habitados com uma densidade populacional de novecentos a cinco mil pessoas por quilómetro quadrado, designadamente: Mahotas, Central C, Zimpeto, Sommershield e Costa do Sol.



**Figura 2.16 – Densidade populacional nos trinta e seis bairros estudados no Município do Maputo.**

### **3. Métodos e Técnicas Utilizados na Análise do Risco de Incêndios Urbanos no Município de Maputo**

#### **3.1 Introdução**

Em função dos objetivos da pesquisa e do objeto do estudo selecionou-se um conjunto de instrumentos e procedimentos metodológicos de recolha e análise de dados que foram seguidos com vista a dar resposta às questões levantadas. Neste capítulo apresentam-se os dados e os métodos usados na realização deste trabalho, incluindo o tipo de variáveis definidas para a avaliação da suscetibilidade e da vulnerabilidade estrutural e os procedimentos de desenho da amostra numa abordagem à vulnerabilidade social.

Os dados utilizados foram recolhidos em 4 níveis fundamentais:

- i. Recolha de dados do histórico de ocorrências de incêndios urbanos para o período 1999-2012, a partir da análise dos registos existentes nos livros do Serviço Nacional de Salvação Pública (SENSAP) e do arquivo do Jornal Notícias de Maputo, buscando a localização, as causas e as consequências conhecidas. O uso do histórico de ocorrências em estudos de incêndios urbanos é aceitável em contextos em que as condições do passado sejam iguais ou semelhantes às do presente (Yung, 2008) e projetáveis para o futuro.
- ii. Inventariação dos elementos das variáveis necessárias para o estudo da suscetibilidade: dimensão dos quarteirões; tipologia da edificação predominante na área de estudo; número de casas por quarteirão; presença de instalações técnicas suscetíveis de causar incêndio (e.g. bombas de combustíveis e oficinas de soldadura); qualidade das instalações elétricas; número de habitantes por quarteirão; densidade populacional; e número de habitantes por edifício.

- iii. Catalogação dos elementos das variáveis utilizadas no estudo da vulnerabilidade estrutural: vias de acesso; espaços de manobra para veículos; presença de estabelecimentos especiais (e.g. creches, lares de idosos, hospitais); distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros e pontos de água.
- iv. Aplicação de questionários a uma amostra de munícipes de três bairros selecionados, com vista a recolher informações sobre: o género; a idade; o nível de escolaridade; o acesso ao emprego; o número de pessoas por agregado familiar; a memória de experiência dos munícipes sobre a capacidade de resposta a ocorrências de incêndio; a perceção das ameaças ou da memória do risco; o conhecimento dos meios de proteção; a existência ou não de pessoas com capacidades físicas e/ou psicológicas limitadas, quer pela idade quer por doença; a existência de atitudes ou práticas que potenciam o risco (presença de pessoas com hábitos de consumo de bebidas alcoólicas ou de cigarros, cuidado com eletrodomésticos e equipamentos de cozinha, ligações clandestinas de eletricidade). Estas variáveis são consideradas como indicadores importantes da vulnerabilidade social e da resiliência (Almeida, 2011).

Em Maputo, os dados de incêndios urbanos encontram-se nos livros de ocorrências do SENSAP, onde os bombeiros registam os casos que lhes chegam através de alertas das vítimas ou de terceiros. A recolha de dados para a efetivação deste trabalho só foi possível graças à autorização do Ministério do Interior de Moçambique para a consulta dos registos do SENSAP, em resposta a um pedido formulado e com parecer do Reitor da Academia de Ciências Policiais (ACIPOL). Após a autorização de consulta, e afeto um técnico do setor de estatística para assistência, o primeiro passo consistiu em verificar a disponibilidade dos livros relativos ao período definido no projeto de pesquisa,

tendo-se constatado que havia alguns livros e relatórios disponíveis embora sem uma boa conservação. Foi então que, com a ajuda do técnico e de outros colaboradores do SENSAP, se iniciou o trabalho do levantamento de informação registada, para a posterior criação de uma base de dados em folha de cálculo Excel.

No decurso do trabalho de recolha da informação constatou-se a existência de deficiências de registo em certos campos, principalmente no que se refere aos danos causados, ao local e hora exata da ocorrência e às medidas tomadas. Estas imprecisões têm repercussão numa série de bairros, razão pela qual se decidiu considerar para o presente estudo apenas aqueles bairros cujos dados apresentavam consistência ou em que fosse possível a sua correção e validação através de consulta nos bairros afetados e nos arquivos do Jornal Notícias, editado em Maputo há mais de 50 anos. Foi com base nesses condicionalismos que foram selecionados para este estudo 36 bairros do Município do Maputo, representando 59 % do número total de bairros do Município. Adicionalmente, para tornar a análise mais consistente, na avaliação da suscetibilidade (desenvolvida no capítulo 5) apenas foram considerados como positivos os quarteirões que registaram dois ou mais incêndios urbanos no período em análise (1999-2012).

As informações sobre o histórico de ocorrências foram integradas numa base de dados em Excel 2007 com vista a permitir o seu tratamento estatístico. Este exercício teve em vista descrever a situação dos incêndios no espaço de pesquisa, nomeadamente: a evolução temporal dos incêndios; a distribuição dos incêndios nos meses do ano e a determinação dos períodos do dia com mais casos; a identificação dos bairros com maior e menor incidência histórica de eventos; os tipos de elementos afetados; e as causas e consequências conhecidas.

Após construir a base de dados do histórico de incêndios iniciou-se a avaliação da incidência espacial dos casos (suscetibilidade) e da probabilidade de ocorrência futura, e posterior integração dos resultados para a determinação da perigosidade (onde e quando podem vir a ocorrer incêndios no futuro no território em análise).

A fase seguinte consistiu na avaliação da vulnerabilidade estrutural, ou territorial, (capacidade de suporte) a partir de uma abordagem multicritério que contemplou 4 fases sequenciais descritas na secção 3.6.

A última fase do trabalho incidiu na avaliação da vulnerabilidade social (criticidade) em três bairros amostra, procurando determinar os retornos de experiências sobre as capacidades de resposta, adaptações, assim como a perceção das ameaças ou da memória do risco, o conhecimento dos meios de proteção e características e comportamentos potenciais do risco.

O processo que conduziu à determinação da suscetibilidade, perigosidade e vulnerabilidade obedeceu a métodos que se descrevem nas secções seguintes.

### **3.2 Avaliação da Suscetibilidade com o Método do Valor Informativo**

A avaliação da suscetibilidade a incêndios urbanos foi feita ao nível do quarteirão, com base no Método do Valor Informativo, de modo a identificar o peso específico de cada classe dentro de cada variável condicionante. O uso do método do Valor Informativo justifica-se pela eficácia demonstrada em estudos anteriores no domínio da suscetibilidade (e.g. Yan, 1988; Yin & Yan, 1988; Zêzere, 1997; Pereira, 2009; Guillard & Zêzere, 2012). Embora menos difundida a sua utilização na modelação da suscetibilidade aos incêndios urbanos à escala municipal, o método do Valor Informativo mostrou-se adequado considerando os objetivos definidos e a base de dados construída.

Sustentado na transformação logarítmica da razão entre a probabilidade condicionada e a probabilidade *a priori*, o método do Valor Informativo permite, segundo a verificação de Zêzere *et al.* (2009), a ponderação de cada classe de cada fator condicionante. Com vista a viabilizar a utilização deste método, procedeu-se ao cálculo

das probabilidades *a priori* e condicionadas das classes das variáveis de análise, o que permitiu identificar os fatores que mais contribuem para a explicação da distribuição espacial dos incêndios ao nível dos bairros.

O cálculo das probabilidades condicionadas foi efetuado através da seguinte equação:

$$PCcl = \frac{Si}{Ni}$$

Onde:

*PCcl* é a probabilidade condicionada da classe *cl*;

*Si* = n.º de quarteirões com incêndio e presença da classe *cl*;

*Ni* = n.º de quarteirões com presença da classe *cl*.

Para além das probabilidades condicionadas, o exercício matemático da determinação da suscetibilidade integra a probabilidade *a priori* de ocorrência de incêndios urbanos, a qual traduz a probabilidade de uma unidade territorial (neste caso o quarteirão) registar uma ocorrência de incêndio sem considerar os fatores condicionantes. Esta probabilidade resulta da razão entre o número de quarteirões com incêndios e o número total de quarteirões estudados. A expressão matemática da probabilidade *a priori* é dada pela seguinte equação:

$$PP = \frac{S}{N}$$

Onde:

*PP* é a probabilidade *a priori* de ocorrência de incêndios urbanos;

*S* = n.º de quarteirões com incêndio;

*N* = n.º total de quarteirões.

O Valor Informativo de uma classe *cl* é obtido pelo logaritmo natural da razão entre a probabilidade condicionada da classe *cl* e a probabilidade *a priori*:

$$I_{cl} = \frac{PC_{cl}}{PP}$$

A integração dos valores informativos finais em cada unidade cartográfica (quarteirão) é dada pela seguinte equação:

$$I_q = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_{cl}$$

Onde:

$m$  = nº de variáveis;

$X_{ij}$  é igual a 1 ou 0, consoante a variável  $cl$  está ou não presente na unidade cartográfica  $q$ , respetivamente.

Para permitir uma análise exaustiva das variáveis da matriz, a unidade geográfica considerada foi o quarteirão, aproveitando-se a divisão administrativa em vigor. A tabela 3.1 sistematiza com detalhe as variáveis que foram utilizadas para o cálculo do Valor Informativo, conhecendo-se o histórico de incêndios de cada unidade geográfica e a respetiva área.

A construção dos modelos preditivos com o Valor Informativo decorreu em duas fases. Na primeira fase, foi utilizada toda a população das unidades geográficas que possuem histórico de recorrência de incêndios (2 ou mais ocorrências) para ponderar as variáveis condicionantes e construir um primeiro modelo preditivo (Modelo de Suscetibilidade 1). Na segunda fase, as unidades geográficas que registam recorrência de incêndios passados foram divididas aleatoriamente em dois grupos de dimensão equivalente: grupo de modelação e grupo de validação. O grupo de modelação foi utilizado para ponderar, novamente, as variáveis condicionantes, construindo, assim, um segundo modelo preditivo (Modelo de Suscetibilidade 2), o qual foi validado de modo independente por confronto com o grupo de validação.



**Tabela 3.1 – Matriz de variáveis para o cálculo do Valor Informativo.**

<b>Variável</b>	<b>Classes</b>
<b>Dimensão do quarteirão (hectare)</b>	<b>cl1_</b> 0 – 1 <b>cl2_</b> 1 - 10 <b>cl3_</b> 10 - 100 <b>cl4_</b> > 100
<b>Tipologia da edificação predominante no quarteirão</b>	<b>cl1_</b> Predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços. <b>cl2_</b> Predomínio de casas de alvenaria até 1 piso essencialmente para habitação e pequenas atividades comerciais. <b>cl3_</b> Predomínio de pequenas construções de alvenaria rés de chão destinadas à habitação e barracas de restauração. <b>cl4_</b> Predomínio de casas prefabricadas ou de madeira e zinco, destinadas à habitação e barracas de restauração informal.
<b>Número de casas por quarteirão</b>	<b>cl1_</b> < 50 <b>cl2_</b> 50 - 100 <b>cl3_</b> 100 - 200 <b>cl4_</b> > 200
<b>Presença de instalações técnicas</b>	<b>cl1_</b> Bombas de combustível ou outras instalações com materiais líquidos altamente inflamáveis. <b>cl2_</b> Pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho. <b>cl3_</b> Sem nenhuma das instalações de categoria referida.
<b>Qualidade de instalações elétricas</b>	<b>cl1_</b> Com instalações elétricas em condições de segurança em vigor e utilizadas segundo as boas práticas de serviço, sem sobrecargas e sem risco imediato. <b>cl2_</b> Com instalações elétricas que, ainda que parcialmente remodeladas, com proteção dos circuitos com disjuntores adequados às potências instaladas e com a respetiva terra de proteção, apresentam deficientes condições de segurança. <b>cl3_</b> Com pelo menos, uma das seguintes condições: equipamentos, produtos ou instalações elétricas com graves problemas de isolamento; potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente.
<b>Número de habitantes por quarteirão</b>	<b>cl1_</b> < 200 <b>cl2_</b> 200 - 500 <b>cl3_</b> 500 - 1000 <b>cl4_</b> > 1000
<b>Densidade populacional (habitantes/km2)</b>	<b>cl1_</b> < 500 <b>cl2_</b> 500 - 5000 <b>cl3_</b> 5000 a 50000 <b>cl4_</b> 50000
<b>Número de habitantes por casa</b>	<b>cl1_</b> < 4 <b>cl2_</b> 4 - 5 <b>cl3_</b> 5 - 6 <b>cl4_</b> > 6

### 3.3 Uso da Regressão Logística na Determinação da Probabilidade Espacial

A Regressão Logística é uma técnica estatística multivariada que, como afirmam Hair *et al.* (2005), relaciona variáveis independentes com uma variável dependente categórica. Esta técnica é particularmente adequada em estudos de fenómenos binários, expressos em termos de presença/ausência (Maroco, 2007).

Segundo Marques (2013) a Regressão Logística tem sido aplicada com sucesso em estudos de suscetibilidade a movimentos de vertente desde a década de 90 do século XX. Na mesma perspetiva, a Regressão Logística tem sido também utilizada em estudos de incêndios florestais (Bergonse & Bidarra, 2010, p. 95). Segundo estes autores, o modelo de Regressão Logística pode ser representado pela seguinte expressão matemática:

$$P(i) = \frac{1}{1 + e^{-[b(0)+b(1)x(1)+\dots+b(n)x(n)]}}$$

Onde:

$P(i)$  a probabilidade de presença da classe do fenómeno estudado;

$x(1)...x(n)$  os valores (ou as classes) assumidos pelas  $n$  variáveis independentes, e

$b(1)...b(n)$  os respetivos coeficientes de regressão.

O resultado da equação de Regressão Logística é um valor de  $P(i)$  entre 0 e 1.

Neste trabalho a Regressão Logística foi usada na construção de um modelo de suscetibilidade (Modelo de Suscetibilidade 3), recorrendo à totalidade da população das unidades geográficas que apresentam histórico de recorrência de incêndios. Este modelo permite estimar a probabilidade de ocorrer um evento de incêndio num determinado quarteirão, a partir das mesmas variáveis independentes utilizadas com o método do Valor Informativo na produção dos modelos de suscetibilidade 1 e 2.

Uma das características apontadas como favoráveis à utilização da Regressão Logística é o facto dos resultados obtidos apresentarem-se sob a forma de probabilidade *à posteriori* (Marques, 2013). Com efeito, estes valores probabilísticos podem ser integrados diretamente com probabilidades temporais, de modo a obter a perigosidade de incêndio urbano em cada um dos quarteirões que constituem a área de estudo.

### **3.4 Técnicas de Validação da Suscetibilidade**

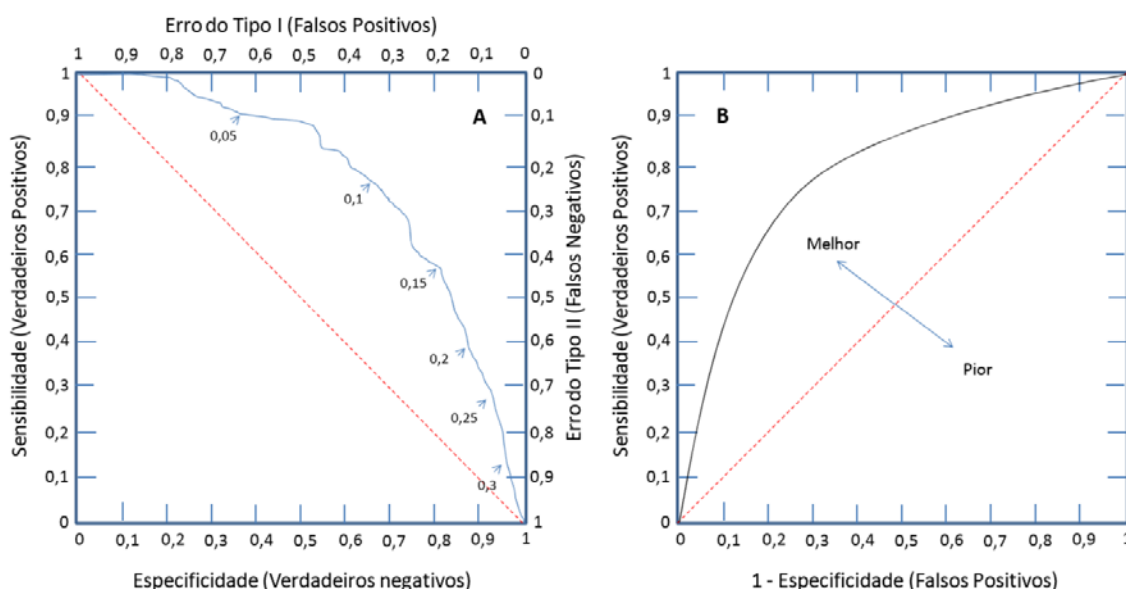
Com vista a avaliar a capacidade preditiva dos modelos e assegurar a utilidade dos mapas de suscetibilidade produzidos com os métodos do Valor Informativo e da Regressão Logística é importante proceder-se à sua validação.

A validação é, geralmente, feita através da comparação entre os espaços classificados como suscetíveis e aqueles que apresentam um histórico de eventos (Marques, 2013). Como é evidente, não é possível “antecipar o futuro” pelo que a avaliação estrita da capacidade preditiva de um mapa de suscetibilidade implicaria “esperar para ver” até que ponto os espaços preditos pelos modelos de suscetibilidade voltam a registar novas ocorrências (Pereira, 2009). Deste modo, este método de validação estrito implicaria aguardar alguns anos, de modo a dispor de uma amostra suficientemente representativa de novos incêndios, que seriam confrontados com o mapa de suscetibilidade produzido. No entanto, nas últimas décadas foram desenvolvidas formas menos intuitivas de validação de suscetibilidade, que têm a vantagem de dispensar o método de “esperar para ver”, como as Taxas de Predição e de Sucesso, e as Curvas ROC (*Receiver Operating Curve*) (Marques, 2013).

Com as Curvas ROC (Figura 3.1), pode-se avaliar a qualidade de um modelo pela classificação de uma certa variável em classes dicotómicas obtidas pelo cruzamento das taxas de falsos positivos e verdadeiros positivos, determinando-se para cada ponto

da curva um par de valores, que descrevem a relação entre verdadeiros e falsos positivos (Oliveira, 2012).

O sistema de coordenadas da curva ROC tem no eixo das ordenadas a proporção de acertos e no das abcissas a proporção de falsos positivos, sendo que perante probabilidades lineares os valores de coordenadas variam de 0 a 1, com a curva ROC limitada por um quadrado onde a sua diagonal se designa linha do acaso. Curvas consideradas boas situam-se entre a diagonal do quadrado e o canto superior esquerdo e serão tanto melhores quanto mais se aproximarem da linha perfeita (Braga, 2000).



**Figura 3.1 – Definição gráfica do espaço envolvente de uma curva ROC (extraído de Oliveira, 2012).**

A validação dos modelos de suscetibilidade pode ser feita gerando, a partir dos dados do histórico de ocorrência do perigo estudado, dois conjuntos distintos de eventos, sendo um para a modelação e outro para a validação dos resultados (Pereira, 2009;

Garcia, 2012; Marques, 2013). A utilização dos mesmos dados da variável dependente para a construção do modelo de suscetibilidade e para a sua validação é aceite, embora não consensual entre os autores. Com efeito, mais do que uma validação, esse procedimento permite determinar o sucesso do modelo, verificando o nível de ajuste existente entre os resultados do modelo e os dados que lhe deram origem (Guzzetti *et al.*, 2006). A melhor forma de validação de um mapa de suscetibilidade deve basear-se num conjunto de dados independentes dos que foram utilizados para a definição do modelo preditivo (Guzzetti *et al.*, 2006; Pereira, 2009; Marques, 2013).

No presente estudo, a validação da avaliação de suscetibilidade com os métodos do Valor Informativo e da Regressão Logística foi feita através da construção de curvas ROC, de sucesso e de predição. As primeiras foram determinadas considerando toda a população das unidades geográficas com registo de incêndios. As segundas foram construídas dividindo aleatoriamente as unidades geográficas ardidas em duas partes equivalentes: grupo de modelação e grupo de validação. A partição aleatória é, segundo Marques (2013), a forma mais utilizada para a determinação dos dois conjuntos de dados para validação de mapas de suscetibilidade. Entretanto existem outras formas de o fazer, designadamente através do critério espacial, assegurando que todos os espaços estudados representam o mesmo contexto e sob influência dos mesmos fatores de predisposição; e temporal, devendo-se conhecer as datas em que ocorreram os eventos do perigo considerado (Garcia, 2012; Oliveira, 2012).

### **3.5 Determinação da Probabilidade com o Modelo de Distribuição de Poisson**

A probabilidade de que um determinado bairro possa registar um incêndio num certo intervalo de tempo foi determinada com recurso ao Modelo de Distribuição de Poisson que, à semelhança dos métodos de avaliação anteriormente descritos, demonstrou a sua eficácia em estudos de probabilidade de vários eventos perigosos como cheias

(Yevjevich, 1972; Önöz & Bayazit, 2001); erupções vulcânicas (Klein, 1982; Connor & Hill, 1995; Nathenson, 2001); sismos (Anagnos & Kiremidjian, 1988) e deslizamentos (Guzzetti, 2005). Adicionalmente, Lin (2005) utilizou a distribuição de Poisson para modelar incêndios em edifícios em Taiwan.

O Modelo de Distribuição de Poisson permite determinar a probabilidade de ocorrência de incêndios para diferentes janelas temporais com diferente número de anos, na medida que os seus pressupostos se ajustam perfeitamente ao objeto desta pesquisa.

O Modelo de Distribuição de Poisson assenta num conjunto de pressupostos que se passam a enumerar (Crovelli, 2000; Guzzetti, 2005): (i) o número de eventos de incêndios que ocorre em diferentes intervalos de tempo é independente; (ii) a probabilidade de ocorrência de um evento é proporcional à extensão do intervalo temporal considerado; (iii) a probabilidade de ocorrência de mais que um evento de incêndio num período de tempo curto é negligenciável; (iv) a distribuição de probabilidade do número de eventos é a mesma para intervalos temporais de igual extensão; e (v) a recorrência média dos eventos que vão ocorrer no futuro vai ser igual à verificada no passado.

De acordo com o Modelo de Poisson, a probabilidade de se registrar  $n$  incêndios durante o tempo  $t$  é dada pela seguinte expressão matemática:

$$P[N(t) = n] = e^{(-\lambda t)} \frac{(\lambda t)^n}{n!} \quad n = 1 - e^{-\lambda t}$$

Onde:

$N(t)$  é o número de incêndios ocorridos no tempo  $t$  na área de estudo;

$\lambda$  é a taxa média estimada de ocorrência de incêndios;

$n!$  é o fatorial de  $n$  ;

$e = 2,718$ .

O Modelo de Distribuição de Poisson foi aplicado na escala do bairro e não diretamente ao nível do quarteirão. Com efeito, existe um número relativamente elevado de quarteirões sem registo de ocorrência de incêndios no período em análise, aos quais seria atribuído um valor de probabilidade igual a zero, com aplicação do Modelo de Poisson. Esta solução não foi considerada realista, uma vez que se admite como possível, *à priori*, a ocorrência de incêndio urbano em qualquer quarteirão da área de estudo.

Deste modo, as probabilidades de Poisson foram calculadas originalmente para os bairros da área de estudo e para períodos de 1 e 5 anos. Com vista a permitir a integração posterior dos dados de probabilidade com os da suscetibilidade para a determinação da perigosidade, as probabilidades de Poisson foram recalculadas para cada quarteirão, repartindo a probabilidade do bairro de modo proporcional pelos quarteirões que o constituem, respeitando a respetiva área, de acordo com a seguinte equação:

$$Pq = \frac{Aq \cdot pb}{Ab \cdot 100}$$

Onde:

$Pq$  é a probabilidade de ocorrência de incêndio por quarteirão;

$A$  é a área em m<sup>2</sup>;

$pb$  é a probabilidade de ocorrência de incêndio no bairro no tempo  $t$  (1 e 5 anos no caso concreto);

$b$  e  $q$  representam respetivamente o bairro e quarteirão.

### 3.6 Avaliação da Vulnerabilidade Estrutural ou Territorial

A vulnerabilidade constitui um elemento crucial na análise do risco. Como referem Mendes *et al.* (2011), a avaliação da vulnerabilidade assenta em duas etapas cruciais: a análise da vulnerabilidade territorial, denominada por *capacidade de suporte*, que compreende a análise de infraestruturas territoriais presentes na unidade geográfica que permitem às populações reagir em caso de ocorrência do fenómeno perigoso em estudo; e a análise da vulnerabilidade das populações e comunidades, designada por *criticidade* e que abarca o conjunto de características e comportamentos suscetíveis de contribuir para o enfraquecimento da capacidade dos indivíduos ou das comunidades para lidar com um determinado fenómeno perigoso, como é o caso dos incêndios urbanos.

Na presente tese a vulnerabilidade foi avaliada em duas fases, que são desenvolvidas nos capítulos 7 e 8.

A avaliação da vulnerabilidade estrutural ou territorial (capacidade de suporte) foi efetuada na escala do quarteirão, com recurso a uma Análise Multicritério. Refira-se que os métodos de análise multicritério têm sido utilizados na cartografia de suscetibilidade a incêndios florestais, com bons resultados, em contextos variados (e.g. Chuvieco & Congalton, 1989; Almeida *et al.*, 1995; Vettorazzi, 2000).

A metodologia utilizada contemplou 4 fases sequenciais:

- (i) Escolha dos critérios representativos para a vulnerabilidade estrutural;
- (ii) Hierarquização e ponderação dos critérios;
- (iii) Ponderação das classes de cada critério;
- (iv) Agregação final por adição linear dos critérios ponderados.

Na primeira fase, identificaram-se critérios, ou variáveis, que apresentam o potencial para influenciar o nível das consequências danosas, em caso de uma ocorrência de



incêndio urbano num quarteirão. Foram selecionadas cinco variáveis independentes, de acordo com critérios de disponibilidade e qualidade dos dados: (i) distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros; (ii) acessibilidade; (iii) existência de estabelecimentos especiais; (iv) existência de espaços de manobra; e (v) existência de pontos de água (Tabela 3.2). Estas variáveis foram classificadas e contemplam, no total, 16 classes, descritas na tabela 3.2.

**Tabela 3.2 – Variáveis independentes e respetivas classes consideradas na Análise Multicritério para avaliação da vulnerabilidade estrutural dos quarteirões do Município de Maputo.**

<b>Variável</b>	<b>Classes</b>
<b>Distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros</b>	Cl1: 5-10 min. Cl2: 10-15 min. Cl3: 15-20 min. Cl4: 20-25 min. Cl5 - > 25 min.
<b>Acessibilidade</b>	Cl1: sem limitações de acesso para viaturas de bombeiros. Cl2: sem acesso total a toda a zona edificada. Cl3: com acesso limitado a pé ou a veículos de muito pequenas dimensões.
<b>Existência de estabelecimentos especiais</b>	Cl1: sem estabelecimentos especiais. Cl2: com um estabelecimento especial. Cl3: com mais de um estabelecimento especial.
<b>Existência de espaços de manobra</b>	Cl1: com espaços livres para manobra de veículos de combate a incêndios em qualquer direção. Cl2: com algum espaço de manobra para veículos de combate a incêndios pelo menos em duas direções. Cl3: sem espaço de manobra para veículos de combate a incêndios.
<b>Existência de pontos de água</b>	Cl1: com pelo menos um ponto de água. Cl2: sem pontos de água.

Como é evidente, a atribuição dos pesos às variáveis e às classes que as compõem reveste-se de alguma subjetividade e essa é a maior limitação a apontar à metodologia utilizada.

### **3.7 Avaliação da Vulnerabilidade Social**

A vulnerabilidade das populações (críticidade) foi analisada em três bairros selecionados como amostra: George Dimitrov, Maxaquene B e Central B. Recorreu-se à consulta dos resultados do Censo de 2007 realizado pelo Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (INE) e efetuou-se um trabalho de campo que consistiu na administração de inquérito por questionário, conforme se detalha a seguir. A construção das variáveis obedeceu a critérios de disponibilidade e qualidade dos dados estatísticos e aos objetivos definidos para esta tese, tendo sido importante aferir as características, atitudes e práticas dos indivíduos suscetíveis de afetar a capacidade de lidar com os incêndios.

#### **3.7.1 Procedimentos do desenho da amostra do Inquérito aos agregados familiares nos bairros George Dimitrov, Maxaquene B e Central B no Município de Maputo**

Nesta secção explica-se a metodologia referente ao desenho da amostra, os procedimentos de campo referentes à localização, identificação e reconhecimento das áreas abrangidas, listagem de agregados familiares, seleção dos agregados para questionário e procedimentos de seleção de uma pessoa elegível dentro de cada agregado familiar. Todo o processo do desenho da amostra para esta pesquisa realizou-se com a assistência do Instituto Nacional de Estatística (INE), tendo sido seguidos os procedimentos habitualmente usados por aquela instituição nos seus trabalhos.

A base de amostragem para o inquérito foi a lista dos resultados do 3º Censo Populacional de 2007, acompanhada do *Sample Frame* dos resultados de cartografia do Recenseamento Geral da População e Habitação (RGPH) de 2007.

Era importante usar como referência alguns aspetos gerais de cartografia censitária de 2007, pois, a base cartográfica está concebida para elaboração da Amostra Mãe que serve de base ao programa de inquéritos nacionais de agregados durante o período intercensitário (de 2007 a 2017), incluindo os inquéritos pequenos como é o caso deste. Neste documento são considerados Inquéritos pequenos os que têm uma abrangência ao nível do distrito, vila, aldeia ou bairro. Normalmente são conduzidos para se obter estatísticas pontuais sobre determinada característica da população naquele domínio. Em contrapartida, os Inquéritos grandes são de abrangência Provincial, Regional, ou Nacional.

Aqui se descrevem, em resumo, os aspetos mais importantes da metodologia utilizada no desenho da Amostra Mãe e que, por isso, são aplicáveis a este inquérito. O desenho da amostra é estratificado, com três estágios de seleção. A unidade primária de amostragem é definida como um conjunto de áreas de enumeração adjacentes, que contêm entre 400 e 600 agregados na área urbana, e entre 400 e 500 agregados na área rural. A unidade secundária de amostragem é a área de enumeração delimitada para o RGPH de 2007, que contém entre 120 e 150 agregados familiares na área urbana e entre 80 e 100 agregados na área rural. A unidade secundária de amostragem corresponde ao cargo de trabalho de um recenseador. A dimensão da área de enumeração é funcional para fazer uma listagem de agregados familiares. Devido aos efeitos de migrações populacionais, em cada inquérito tem-se feito uma atualização da base de amostragem que consiste em uma nova operação de listagem de agregados familiares dentro das áreas de enumeração selecionadas. Todos os agregados familiares dentro dos limites das áreas de enumeração amostrais são listados e a listagem é usada para a seleção de agregados familiares no último estágio de amostragem.

O primeiro nível de estratificação da Amostra Mãe é a Cidade de Maputo. Dentro da área urbana da Cidade de Maputo, o marco também é estratificado por bairros. Na Cidade de Maputo as unidades primárias de amostragem são classificadas em quatro estratos socioeconómicos – caso existam – explícitos e as unidades primárias de amostragem são ordenadas por grupo socioeconómico para obter uma estratificação implícita com a seleção sistemática. Os critérios usados para determinar o nível socioeconómico das unidades primárias de amostragem no estrato urbano da Cidade de Maputo são: estrato baixo, estrato médio-baixo, estrato médio-alto e estrato alto. Adicionalmente, as unidades primárias de amostragem são ordenadas por dimensão dos bairros.

Dentro de cada estrato explícito, as unidades primárias de amostragem são selecionadas sistematicamente com probabilidade proporcional à dimensão, usando como medida da dimensão o número de agregados recenseados dentro da unidade primária de amostragem. A Amostra Mãe é desenhada de forma eficiente para servir a vários inquéritos nacionais de tipo demográfico e socioeconómico, daí que o presente estudo obedeceu aos mesmos procedimentos amostrais utilizados pelo Instituto Nacional de Estatística, o que resultou numa amostra representativa ao nível de cada bairro selecionado.

### **3.7.2 Universo da amostra do inquérito aos agregados familiares nos três bairros do Município de Maputo**

A dimensão do universo deste inquérito abrange, nos três bairros do Município de Maputo considerados, 16.464 agregados familiares – ver Tabela 3.3 – que se encontram repartidos em 155 áreas de enumeração ou quarteirões. Estão excluídos do universo alvo os residentes das habitações coletivas e os “Sem Casa”, os quais representam juntos menos de meio por cento do total da população do país (INE, Censo 2007).

Portanto, foi uma amostra:

- **Probabilística**, isto é, a probabilidade de seleção de cada unidade amostral na etapa específica é conhecida e é diferente de zero, o que permite estimar a precisão dos resultados amostrais;
- **Trietápica**: em cada unidade geográfica identificada, a seleção foi feita em três etapas, sendo a primeira centrada na seleção das unidades primárias de amostragem; a segunda consistiu na seleção aleatória de uma única área de trabalho (um ou dois quarteirões); e a terceira constou na seleção de certo número de agregados familiares da lista previamente elaborada, onde foram inquiridos os respetivos chefes ou seus representantes;
- **Estratificada**, dado que as unidades geográficas são classificadas de acordo com as suas características geográficas e socioeconómicas.

O quadro do universo populacional e respetivos agregados familiares definidos para o 3º Censo de 2007 estão sistematizados na tabela 3.3.

**Tabela 3.3 – Universo populacional segundo o total de agregados familiares dos três bairros amostrais.**

Domínio de Análise	Na Base Cartográfica de 2007	
	Número de quarteirões	Número de Agregados familiares no universo
Central B	27	3 033
Georg Dimitrov	72	7 782
Maxaquene B	56	5 649
<b>Total Geral</b>	<b>155</b>	<b>16 464</b>

### 3.7.3 Dimensão e atribuição da amostra do estudo

Em geral, a dimensão da amostra depende do nível de precisão requerido para as estimativas mais importantes do inquérito para cada domínio. Sabe-se que uma

amostra com dimensão muito grande é mais difícil de controlar e pode fazer incrementar os erros não amostrais e que a exatidão das estimativas do inquérito depende de ambos os tipos de erros: amostrais e não-amostrais. Deste modo, é importante que a dimensão da amostra seja prática de manejar, e que haja um bom sistema de controlo de qualidade em todas as operações do inquérito (INE, 2000).

De acordo com os procedimentos estatísticos do INE, os resultados da amostragem para este inquérito são fiáveis ao nível de 95 %, sendo a estimativa máxima do erro absoluto de 0,05 (ou 5 %). O domínio de análise é cada bairro da Cidade de Maputo. Ainda segundo o INE (2000), trata-se de uma dimensão da amostra suficiente (por vezes mais do que suficiente) para conseguir a precisão e o nível de confiança desejados.

Segundo experiências do INE na condução de inquéritos, nas zonas rurais a informação é mais consistente e com menos variabilidade do que nas urbanas. Esta verificação foi tida em conta na atribuição da dimensão final da amostra desta pesquisa.

A dimensão máxima da amostra foi condicionada pela logística do trabalho de campo que foi estimada supondo uma amostra mínima de 384 agregados familiares nos três bairros selecionados, seguindo uma lógica da dimensão proporcional do número de agregados registados por cada bairro no Censo de 2007 (INE, 2007).

Conforme as estimativas de erros de amostragem de inquéritos realizados pelo Instituto Nacional de Estatística, constata-se que o efeito do desenho da amostra nas áreas urbanas é maior do que o efeito correspondente nas áreas rurais, indicando uma maior variabilidade entre as áreas urbanas devido às diferentes classes/estratos socioeconómicos da população que vive nas cidades.

Adicionalmente, tendo em conta somente critérios de eficiência estatística, no presente estudo considerou-se a seleção de 12 agregados familiares elegíveis em cada área de enumeração (quarteirão). Assim, dividindo o número total de 384 agregados

pela taxa de 12 agregados em cada área, tivemos que este inquérito abrangeu 32 quarteirões.

A tabela 3.4 apresenta a dimensão e distribuição da amostra dos inquiridos nos três bairros selecionados para a avaliação da vulnerabilidade social a incêndios urbanos no Município de Maputo.

**Tabela 3.4 – Dimensão e distribuição da amostra dos três bairros.**

<b>Domínio de análise</b>	<b>Número de quarteirões</b>	<b>Taxa de agregados familiares</b>	<b>Dimensão de agregados familiares na amostra</b>	<b>Precisão absoluta, IC 95%</b>
Central B	10	12	120	0,089
Georg Dimitrov	11	12	132	0,085
Maxaquene B	11	12	132	0,085
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>384</b>	<b>0,050</b>

#### **3.7.4 Características do inquérito utilizado**

O inquérito administrado aos agregados familiares dos três bairros selecionados (Tabela 3.5) é constituído por vinte e sete questões formuladas com o objetivo de melhor captar informações sobre características e comportamentos das pessoas ou agregados familiares, suscetíveis de contribuir na fraca capacidade de resposta a incêndios.

As questões formuladas foram precedidas de uma introdução com o intuito de obter a anuência e colaboração das pessoas inquiridas.

**Tabela 3.5 – Questionário administrado aos agregados familiares da amostra na avaliação da vulnerabilidade social a incêndios em três bairros do Município de Maputo.**

Bom dia / Boa tarde. Meu nome é (DIZER O NOME) e a minha identificação é esta (MOSTRAR CREDENCIAL). Estamos a realizar um inquérito sobre o risco de incêndios no Município do Maputo. Agradecemos a sua participação. A informação que estamos a recolher visa a elaboração do trabalho de tese de doutoramento que pode vir a ajudar na planificação e no melhoramento do trabalho de Proteção Civil (Bombeiros) no combate a incêndios. Como parte do inquérito, gostaríamos de fazer algumas perguntas sobre o seu agregado familiar. As informações que nos providenciar serão estritamente confidenciais, e não serão partilhadas com ninguém além dos membros da equipa de trabalho. A participação neste inquérito é voluntária, e se tiver qualquer pergunta que não queira responder pode nos dizer e passaremos para pergunta seguinte; ou pode interromper a entrevista a qualquer momento. Contudo, esperamos que participe no inquérito e as suas respostas são muito importantes. Posso iniciar com iniciar?
1.Quantos anos completos tem? 18-26; 27-35; 36-44; > 44
2. Género (INDICAR O GÉNERO): Feminino; Masculino
3.Qual é o nível de escolaridade concluído? Sem escolaridade; Alfabetização; Primário; Básico; Médio; Superior
4. Qual é a sua profissão/ocupação principal?
5A.Neste agregado familiar quantas pessoas habitualmente vivem? 1 pessoa; 2-4 pessoas; 5 ou mais pessoas
5B.Quantas pessoas são do género feminino
5C.Quantas pessoas são do género masculino?
6A.Neste agregado familiar quantas pessoas concluíram o ensino superior?
6B.Neste agregado familiar quantas pessoas trabalham? (Trabalho remunerado ou por conta própria)
7A.Neste agregado familiar existe alguma criança menor de 5 anos? Sim; Não
7B.Neste agregado familiar existe alguma pessoa com 60 ou mais anos? Sim Não
7C.Neste agregado familiar existe algum membro com dificuldades de locomoção? Sim Não
7D.Neste agregado familiar existe algum membro com deficiência visual/ cego? Sim; Não
8.Neste agregado familiar existe alguém que consome bebidas alcoólicas ou que fuma cigarro? Sim; Não
9.Neste agregado familiar, como cozinham? lenha; carvão vegetal; gás; energia elétrica
9A.Neste bairro acontecem problemas que precisam de intervenção de bombeiros? Sim; Não; <input type="checkbox"/> →PASSE À PERGUNTA 10
9B.Se sim diga quais destes são frequentes. Cheias/inundações; Suicídios; Quedas de pessoas dos prédios; Portas trancadas; Incêndios; Acidentes de trânsito; Outros (INDICAR): _____
10A.Recorda-se de algum incêndio que ocorreu na cidade de Maputo? Sim; Não →PASSE À PERGUNTA 11
10B.Se sim diga o que se recorda desse incêndio? Ano; Período do dia; Se houve vítimas; Se houve danos; Quem apagou o fogo; Se fazia frio ou calor nesse dia
11A.Diga se os incêndios a residências preocupam ao seu agregado familiar. Sim; Não →PASSE À PERGUNTA 12
11B.Se sim diga o que têm feito para evitar os incêndios?
12.Este agregado familiar tem como apagar o fogo em casa? Sim; Não
13.Em caso de um incêndio em casa o que faria logo de imediato? Desligar o quadro elétrico; Chamar os bombeiros; Fugir; Apagar o fogo; Chamar a Polícia; Outra: _____
14.Este agregado tem seguro contra incêndio? Sim; Não
15. Este agregado conhece o número de telefone dos bombeiros? Sim; Não
16. Este agregado tem energia elétrica em casa? Sim; Não
17. Neste bairro é comum usar-se energia elétrica do vizinho? Sim; Não

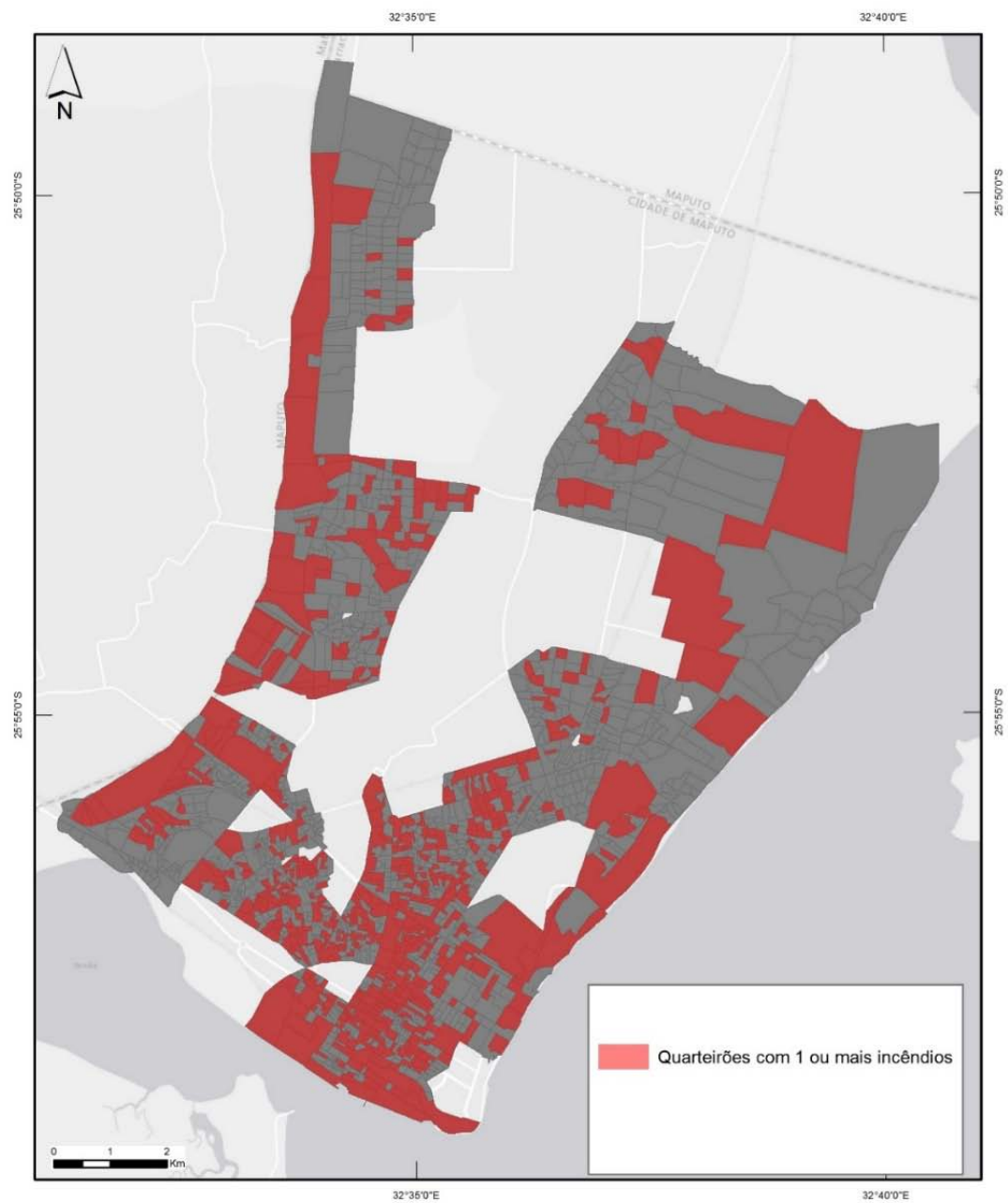


## **4. Estatística Descritiva do Histórico de Incêndios Urbanos no Município de Maputo (1999 - 2012)**

Este capítulo descreve o quadro geral dos incêndios urbanos em 36 bairros do Município de Maputo, de 1999 a 2012. Através do inventário de casos de incêndios no período em referência, foi possível criar uma base de dados do histórico de incêndios urbanos com 887 ocorrências validadas, distribuídas em 576 quarteirões da área de estudo, como se ilustra na figura 4.1.

### **4.1 Incêndios Validados e a sua Distribuição no Território Municipal**

Como se fez referência no capítulo 3, não existia antes desta tese uma base de dados de incêndios no Município de Maputo, sendo que a inventariação dos casos foi feita com recurso à consulta dos livros de ocorrências do Serviço Nacional de Salvação Pública (SENSAP) e dos arquivos do Jornal Notícias publicado em Maputo. Através da verificação da coerência dos registos e de consulta testemunhal aos residentes mais antigos dos locais afetados foi possível validar 887 casos (Tabela 4.1).



**Figura 4.1 – Mapa dos quarteirões com incêndios validados no Município de Maputo.**

**Tabela 4.1 – Distribuição das ocorrências de incêndios por bairros no Município de Maputo  
(fonte dos dados: livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

Bairro	Nº de incêndios registados	(%)
Central B	78	8,8
Central C	61	6,9
Central A	60	6,8
Alto Maé B	50	5,6
Malhangalene B	46	5,2
Polana Cimento B	38	4,3
Malhangalene A	36	4,1
Xipamanine	35	3,9
Mafalala	32	3,6
Maxaquene A	31	3,5
Chamanculo A	28	3,2
Maxaquene B	28	3,2
Jardim	27	3,0
Maxaquene D	25	2,8
George Dimitrov	24	2,7
Chamanculo B	22	2,5
Inhagoia B	21	2,4
Urbanização	20	2,3
Zimpeto	19	2,1
Ferrovário	18	2,0
FPLM	16	1,8
Maxaquene C	15	1,7
25 de Junho B	14	1,6
Luís Cabral	14	1,6
Malhazine	14	1,6
25 de Junho A	13	1,5
Mikadjuine	13	1,5
Sommersfield	13	1,5
Chamanculo C	12	1,4
Aeroporto B	11	1,2
Chamanculo D	11	1,2
Coop	10	1,1
Mahotas	10	1,1
Polana Caniço B	10	1,1
Bagamoio	6	0,7
Costa do Sol	6	0,7
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100</b>

A distribuição dos incêndios no território não é uniforme nos trinta e seis bairros estudados no Município de Maputo. A tabela 4.1 mostra que os bairros com maior número de registos de incêndios são: Central B (78 casos), Central C (61 casos), Central A (60 casos), Alto Maé B (50 casos) e Malhangalene B (46 casos). Como se depreende, o somatório dos registos destes cinco bairros representa cerca de 1/3 do total dos casos registados durante o período em análise. Trata-se de bairros localizados no centro da zona urbana do Município e com um nível de ocupação acima de 10000 habitantes por km<sup>2</sup>. Adicionalmente, observa-se nestes bairros uma concentração de fatores de risco como a degradação e sobrecarga das instalações elétricas e a presença de instalações técnicas, tais como pequenas oficinas informais caseiras que utilizam a soldadura como principal ferramenta técnica de trabalho.

Segue-se um conjunto de 7 bairros com uma média anual de 2 incêndios por bairro: Polana Cimento B, Malhangalene A, Xipamanine, Mafalala, Maxaquene A, Maxaquene B e Chamanculo A. Com a exceção de Polana Cimento B, trata-se de bairros antigos e localizados na linha imediatamente periférica em relação ao centro da cidade, geralmente com graves problemas de ordenamento territorial, que incluem construções precárias, falta de acessos, fraco saneamento, instalações elétricas precárias, para além do elevado nível de ocupação do solo.

Numa posição mediana encontram-se 13 bairros com uma média anual de 1 registo de incêndio por bairro: Jardim, Maxaquene D, George Dimitrov, Chamanculo B, Inhagoia B, Urbanização, Zimpeto, Ferroviário, FPLM, Maxaquene C, 25 de Junho B, Luís Cabral e Malhazine. Neste conjunto existem duas realidades diferentes, por um lado os bairros de Maxaquene D, Chamanculo B, Maxaquene C, que apresentam características suburbanas a urbanas, enquanto os restantes têm características marcadamente suburbanas. O reduzido número de casos nos bairros Jardim, George Dimitrov, Inhagoia B, Urbanização, Zimpeto, Ferroviário, FPLM, Maxaquene C, Malhazine, Luís Cabral e 25 de Junho B pode estar associado à sua fraca densidade de edificação no intervalo de tempo estudado.

Finalmente, na parte inferior da lista encontra-se um conjunto de 11 bairros com uma média anual abaixo de 1 incêndio por bairro: Sommershield, Coop, Costa do Sol, Polana Caniço B, Bagamoio, Mahotas, Chamanculo C, Chamanculo D, Aeroporto B, Mikadjuine e 25 de Junho A. À exceção dos dois primeiros, trata-se de bairros localizados na periferia do núcleo urbano municipal, com vários problemas a nível de ordenamento territorial, acesso limitado e uma intensa atividade informal, pelo que apesar do seu fraco histórico apresentam um potencial para futuras ocorrências, acontecendo o mesmo em relação a Sommershield e Coop que apesar de apresentarem melhores condições de ordenamento territorial e oferta de infraestruturas públicas, são bairros de grande densidade de edificação. Por último, realça-se a situação do bairro Costa do Sol, que apresenta uma fraca densidade de edificação, dada a sua localização junto à zona costeira com características pantanosas e reduzidas condições de habitabilidade.

A figura 4.2 mostra a distribuição espacial do histórico de incêndios nos quarteirões da área de estudo. No geral a distribuição das ocorrências tende a ser mais concentrada nos bairros mais antigos da cidade devido a maior presença dos fatores condicionantes de incêndios.

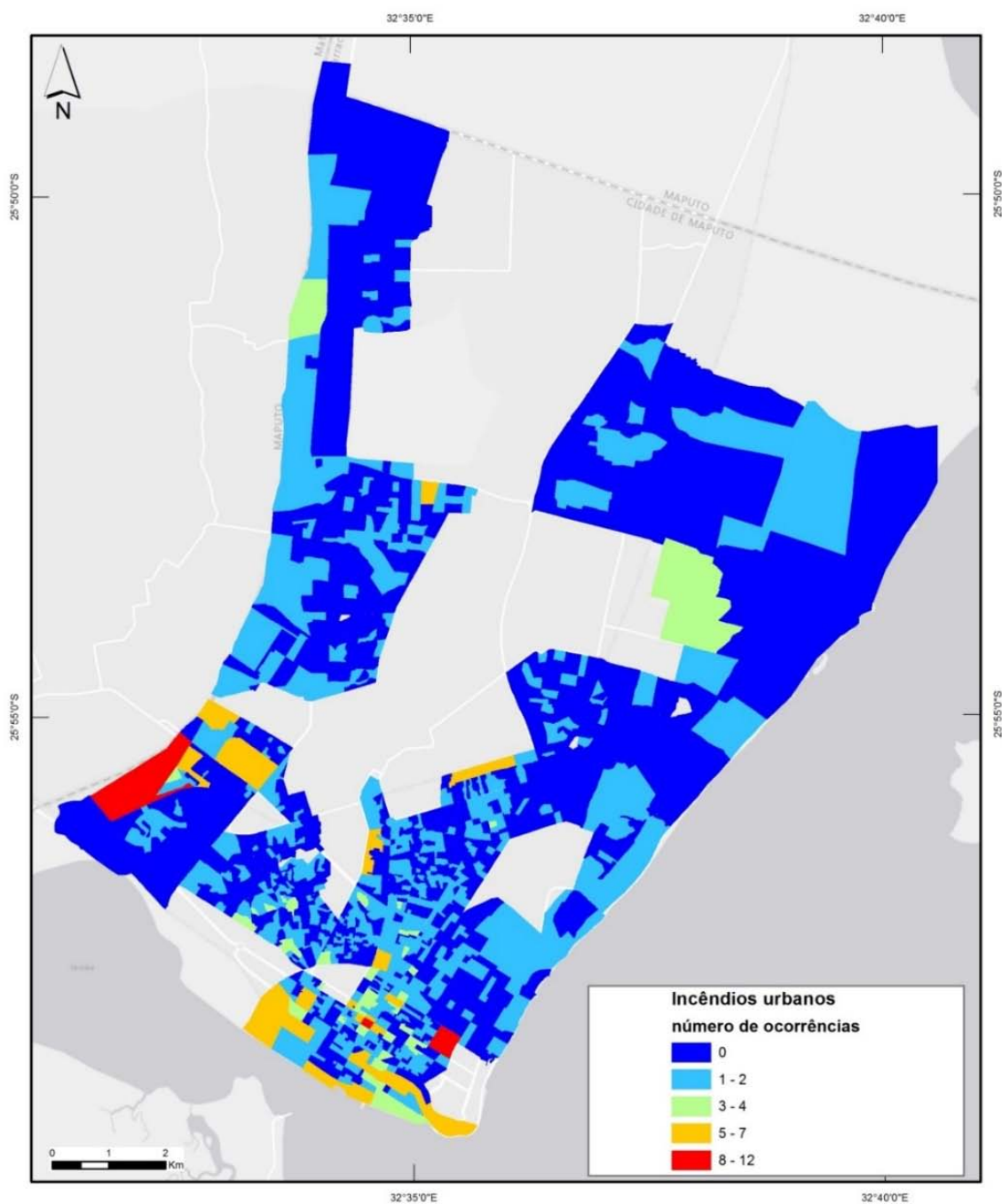


Figura 4.2 – Distribuição do número de incêndios pela área de estudo.

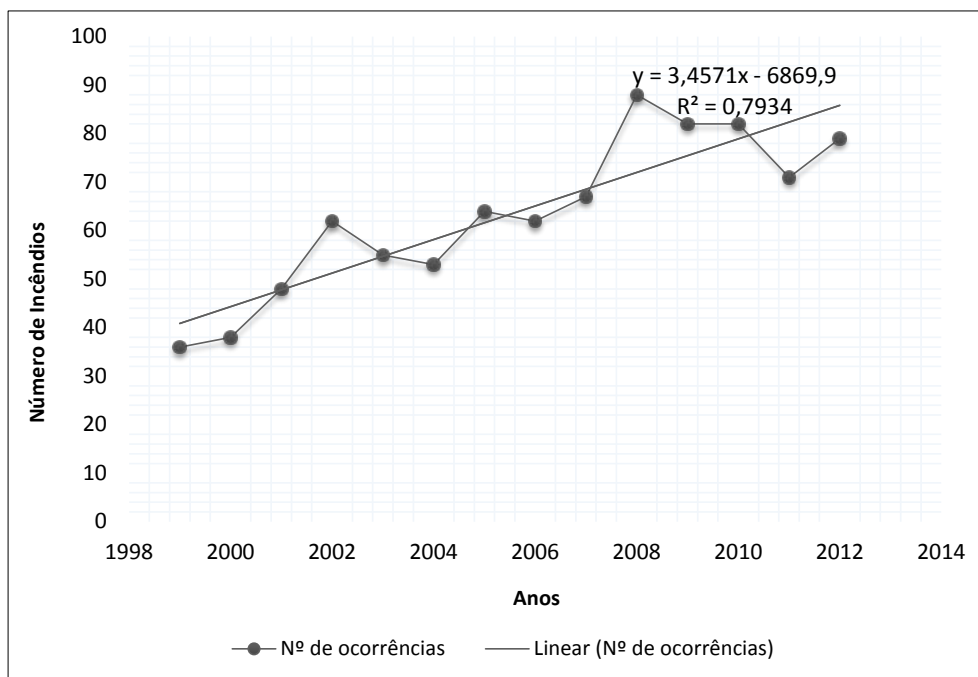
## 4.2 Evolução Temporal dos Incêndios

A tabela 4.2. sintetiza a distribuição dos incêndios ocorridos no Município de Maputo ao longo dos catorze anos em análise (1999-2012). O menor registo de incêndios (36 casos) foi verificado em 1999, enquanto 2008 foi o ano com maior registo de incêndios (88 casos). Em média, ocorreram 63 incêndios por ano e o desvio padrão da série é de 16.

**Tabela 4.2 – Distribuição de incêndios ocorridos de 1999 a 2012 no Município de Maputo (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

Ano	Nº de ocorrências	(%)
1999	36	4,1
2000	38	4,3
2001	48	5,4
2002	62	7,0
2003	55	6,2
2004	53	6,0
2005	64	7,2
2006	62	7,0
2007	67	7,6
2008	88	9,9
2009	82	9,2
2010	82	9,2
2011	71	8,0
2012	79	8,9
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100</b>
<b>Média= 63</b>		
<b>Desvio Padrão = 16</b>		

A evolução dos incêndios durante este período pode ser melhor visualizada na figura 4.3, sendo evidente uma tendência para o incremento do número de casos no tempo, ajustada pela reta de regressão ( $y=3,4571x - 6869,9$ , onde  $y$  é o número de incêndios e  $x$  é o ano), com um coeficiente de determinação de 0,79.



**Figura 4.3 – Evolução dos incêndios no Município de Maputo, de 1999 a 2012 (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

A distribuição anual dos incêndios nos bairros de Maputo pode ser dividida em, pelo menos, três períodos distintos. O primeiro período prolonga-se de 1999 a 2001 e é marcado pelo incremento sistemático do número de casos por ano, os quais, no entanto, se mantêm sempre abaixo dos 50 casos anuais. O segundo período abrange os anos de 2002 a 2007 e é marcado por um registo médio anual superior ao anterior (60 casos/ano), pese embora o incremento temporal não seja sistemático, como o demonstram os anos de 2004 e 2006, com valores inferiores aos dos anos



imediatamente anteriores. O último período prolonga-se de 2008 a 2012 e é marcado por ocorrências anuais sempre acima das verificadas em qualquer ano dos dois períodos anteriores, atingindo o dobro da média dos registos da primeira fase. O ano de 2008 destaca-se como o que apresenta o número máximo absoluto de casos (88), seguindo-se uma constância na casa dos 70 a 80 casos nos anos subsequentes, tendência que nunca mais sofreu alteração até 2012.

A evolução dos incêndios ao longo do tempo pode ser associada ao crescimento populacional que Maputo registou durante a primeira década de 2000. Com efeito, durante esse período Maputo registou um crescimento populacional de 13,2 % (INE, 2007), que não terá sido acompanhado por um incremento equivalente na melhoria das condições de vida da população, facto que potenciou o aumento de frequência dos incêndios. No entanto, para além de fatores demográficos, o comportamento da curva evolutiva das ocorrências também reflete a introdução do registo e armazenamento informático de ocorrências a nível do SENSAP, a partir de 2008. De facto, foi notória a descontinuidade dos registos nos anos anteriores a este, situação que melhorou significativamente desse ano até 2012.

#### **4.3 Distribuição Mensal dos Incêndios**

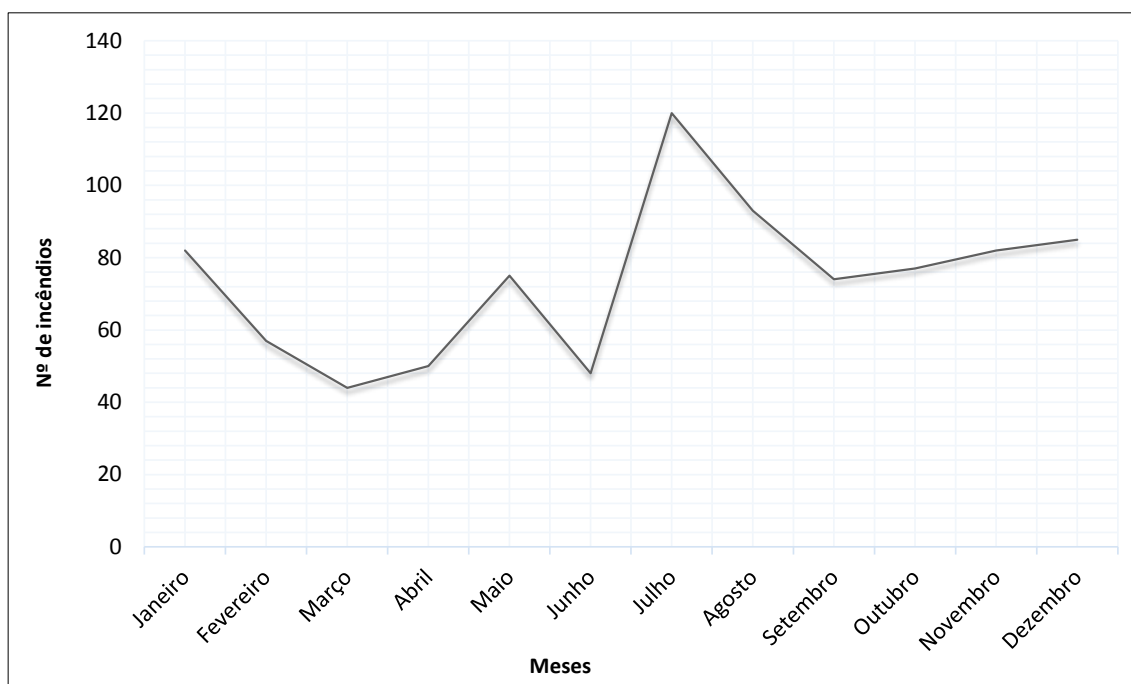
A tabela 4.3. e a figura 4.4. ilustram o comportamento dos registos de incêndios urbanos ao longo dos meses do ano. Os dados indicam que há maior concentração de incêndios durante os meses de Julho (120) e Agosto (93), seguidos de Novembro, Dezembro e Janeiro, todos com um registo acima de 80 ocorrências. O mês com menor número de ocorrências é Março com um registo de 44 casos. Esta tendência pode estar relacionada com o mau tempo que caracteriza os meses de Julho e Agosto (Inverno no hemisfério meridional), principalmente a ocorrência de ventos fortes que funcionam como fator catalisador de desestabilização da corrente elétrica, criando

curto-circuitos nos bairros. Para além de provocar curto-circuitos, a ventania faz com que a Eletricidade de Moçambique, empresa fornecedora de eletricidade, desligue a corrente para evitar acidentes e isso leva a que muitas pessoas recorram ao uso de velas e candeeiros como fontes alternativas para a iluminação, aumentando a probabilidade de ocorrência de mais incêndios neste período.

Por outro lado, a concentração de ocorrências nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro pode se explicar pela tendência natural do maior consumo de energia e de utilização de outras fontes de iluminação durante as férias do natal e do fim do ano.

**Tabela 4.3 – Distribuição das ocorrências pelos meses do ano (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

<b>Mês</b>	<b>Nº de ocorrência</b>	<b>(%)</b>
Janeiro	82	9,2
Fevereiro	57	6,4
Março	44	5,0
Abril	50	5,6
Maio	75	8,5
Junho	48	5,4
Julho	120	13,5
Agosto	93	10,5
Setembro	74	8,3
Outubro	77	8,7
Novembro	82	9,2
Dezembro	85	9,6
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100</b>



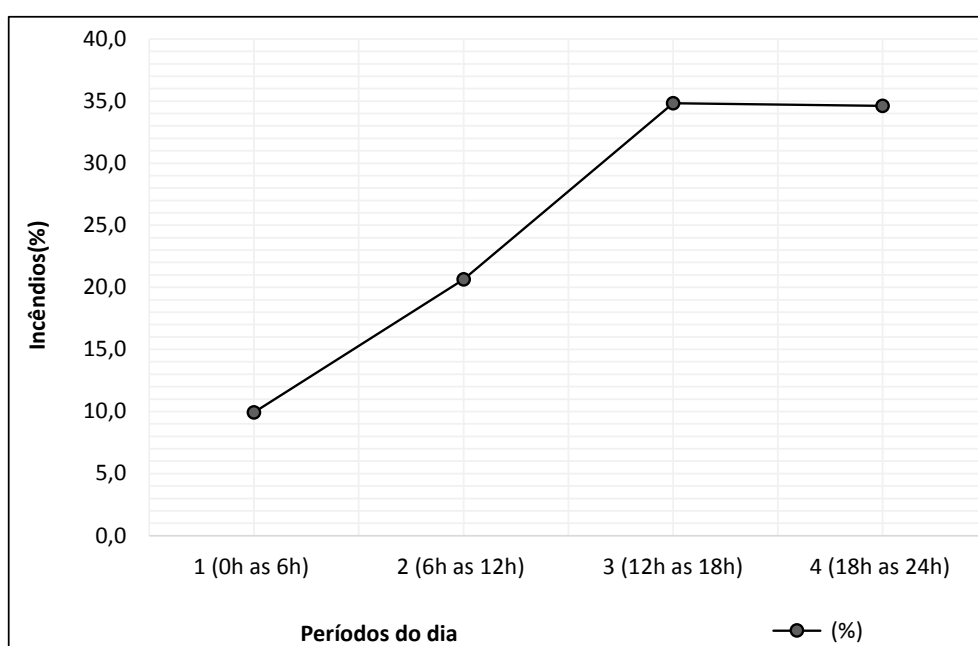
**Figura 4.4 – Representação gráfica da distribuição mensal das ocorrências de incêndios.**

#### **4.4 Distribuição de Incêndios ao Longo do Dia**

O inventário de incêndios urbanos no Município de Maputo foi construído de modo a permitir uma análise da tendência das ocorrências ao longo do dia. Para tal dividiu-se o dia em quatro períodos, como se indica na figura 4.5.

A maior parte dos incêndios ocorre durante os períodos 3 (das 12 às 18h) e 4 (das 18 às 24h). Com efeito, durante o terceiro período ocorreram 309 incêndios (34,8 % do total dos registos), enquanto ao longo do quarto período houve registo de 300 casos (34,6 % do total). Este comportamento era de se esperar, tendo em conta que é durante esses dois períodos que as pessoas estão nas suas residências, ou para o intervalo de almoço ou mesmo porque já terminaram a sua jornada laboral, o que intensifica o consumo de energia elétrica que, muitas vezes, culmina com curto-circuitos, principal causa dos incêndios em Maputo, como se verá na secção seguinte.

Durante os dois primeiros períodos do dia, período 1 (da meia noite às 6 horas) e período 2 (das 6 às 12 horas) registam-se poucos incêndios. Trata-se, na maioria dos casos, de incêndios com causas desconhecidas ou mal esclarecidas, pois ocorrem durante a noite, quando as pessoas estão a dormir, ou então de dia, quando as pessoas não estão em casa. Entretanto, é de realçar que é durante o período noturno que há maior probabilidade de os incêndios fazerem vítimas.



**Figura 4.5 – Distribuição percentual dos incêndios ao longo do dia (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

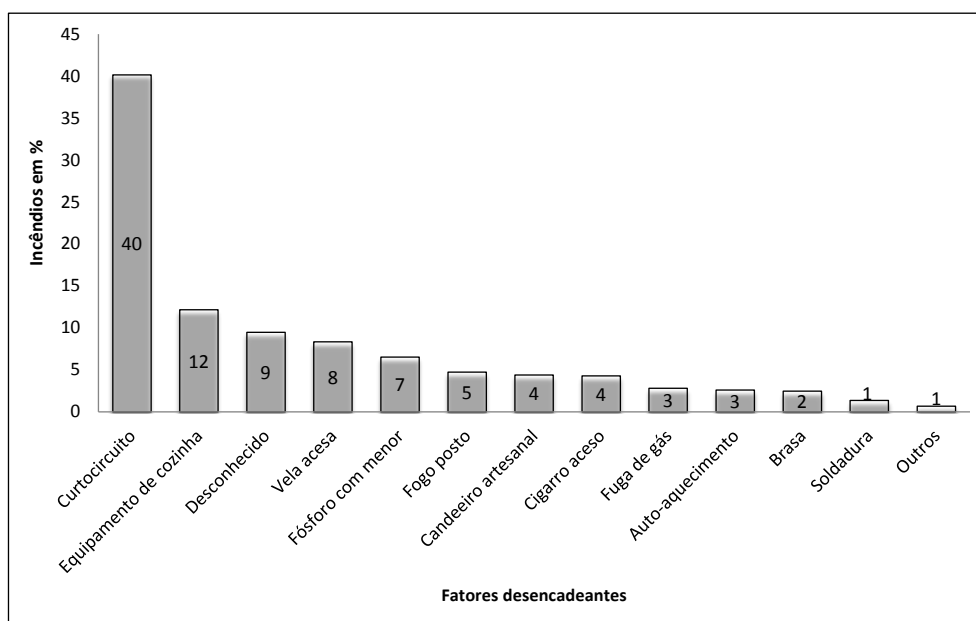
#### **4.5 Fatores Desencadeantes dos Incêndios e Agentes Supressores**

A identificação dos fatores desencadeantes dos incêndios correspondeu ao que, nos registos do SENSAP se considera causa da ocorrência, tendo sido possível identificar 11 fatores, nomeadamente: curto-circuito, fogo posto, equipamento de cozinha, vela, fósforo, cigarro, candeeiro, fuga de gás, brasa, auto-quecimento e soldadura.

Entretanto, constatou-se a existência de ocorrências cujas causas não foram devidamente esclarecidas e casos decorrentes de causas excepcionais ou raras como descargas elétricas atmosféricas e explosivos militares. Esses dois grupos de fatores foram respetivamente designados por desconhecidos e outros, conforme consta da tabela 4.4. Esta tabela mostra, em termos absolutos e em frequência, a hierarquia dos fatores desencadeantes de incêndios urbanos no Município de Maputo, a qual pode ser mais facilmente visualizada na figura 4.6.

**Tabela 4.4 – Fatores desencadeantes dos incêndios no Município de Maputo de 1999 a 2012**  
(fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).

<b>Fator desencadeante do incêndio</b>	<b>Nº de incêndios registados</b>	<b>%</b>
Curto-circuito	356	40
Equipamento de cozinha	108	12
Desconhecido	84	9
Vela acesa	74	8
Fósforo com menor	58	7
Fogo posto	42	5
Candeeiro artesanal	39	4
Cigarro aceso	38	4
Fuga de gás	25	3
Auto aquecimento	23	3
Brasa	22	2
Soldadura	12	1
Outros	6	1
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100</b>



**Figura 4.6 – Distribuição percentual dos incêndios por fator desencadeante (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

O curto-circuito foi o fator determinante na maior parte dos incêndios, com 40 % do universo de ocorrências. Significa que mais de 1/3 de ocorrências de incêndios deveu-se a problemas relacionados com a energia elétrica, quer devido à precariedade de instalações elétricas, quer por negligência no uso de eletrodomésticos.

A influência das precárias instalações elétricas manifesta-se ainda no elevado número de ocorrências associadas a equipamentos de cozinha (12 % do total), auto-aquecimento e soldadura (3 % e 1 % do total, respetivamente), pois esses fatores, muitas vezes, relacionam-se com ligações clandestinas ou instalações elétricas improvisadas e a consequentes sobrecargas de utilização da corrente elétrica.

Os dados colocam ainda em destaque o fogo posto, um fator normalmente tratado em fórum criminal, que responde por 5 % das ocorrências. No entanto, convém explicar que muitos casos de fogo posto ocorreram fora de residências ou de estabelecimentos

comerciais, atingindo elementos como contentores de lixo, como será demonstrado na secção seguinte.

Na sequência, figuram fatores que expressam a influência do comportamento humano na ocorrência de incêndios. A negligência humana manifesta-se em factos concretos como esquecer fogão, candeeiro ou vela em chama, deixar crianças brincarem com fósforos ou até esquecer um cigarro aceso sobre algum material condutor do fogo. Com efeito, esses comportamentos juntos foram responsáveis por 23 % do universo das ocorrências.

A representar 3 % do total encontra-se a fuga de gás doméstico. Este fator relaciona-se, por um lado, com a negligência humana e, por outro, com a precariedade das instalações de botijas de gás para cozinha. O gás doméstico ainda não é canalizado, o que representa uma expressiva exposição ao perigo em caso de incêndio, sendo certo que seria mais fácil fechar a conduta do fornecimento de gás num bairro que desligar todas as botijas existentes nas residências.

Com uma expressão relativamente menos significativa encontra-se a soldadura (1 % do total). Os incêndios associados a este fator desencadeante ocorrem, normalmente, em pequenos estabelecimentos de indústria de manufatura e em oficinas de serralharia.

Como já foi referido, não foi possível determinar a causa de 9 % do total dos incêndios. O facto de esta categoria ocupar a terceira posição ilustra as dificuldades que os bombeiros têm na determinação das causas dos incêndios. Aliás, Primo *et al.* (2008) encontraram situação similar ao estudarem os incêndios na cidade do Porto (Portugal).

Em relação à distribuição dos incêndios considerando os responsáveis pela sua extinção, verificou-se que a larga maioria (87 %) dos incêndios é extinta pelos bombeiros, enquanto os populares, incluindo donos das infraestruturas, vizinhos e transeuntes, foram responsáveis pela extinção de 10 % dos casos. Por seu turno, a empresa Eletricidade de Moçambique interveio em 3 % dos casos.

#### **4.6 Tipo de Elementos Afetados por Incêndios**

O inventário de ocorrências de incêndios no Município de Maputo abrangeu a identificação dos elementos afetados (Tabela 4.5).

Mais de metade das ocorrências (543; 61,2 % do total) ocorreu em residências, representando uma média anual de 39 casos, o que era de esperar, tendo em consideração os tipos de fatores desencadeantes dominantes descritos na seção anterior.

Em segundo lugar, com 159 casos (17,9 % do total) destacam-se os estabelecimentos comerciais, exceto os bancos e estabelecimentos hoteleiros ou similares que mereceram um tratamento separado. Esta tendência justifica-se considerando que nos estabelecimentos comerciais trabalham muitas pessoas, principalmente durante o dia, pelo que os incêndios podem estar associados a comportamentos negligentes, para além da possibilidade de ocorrência de curto-circuitos.

Em terceiro plano surgem os incêndios que afetaram equipamentos elétricos com 58 casos (6,5 % do total), uma posição acima dos incêndios que deflagraram em lixo acumulado na rua ou em contentores (31 casos, equivalentes a 3,5 % do universo das ocorrências).

A seguir destacam-se edifícios onde funcionam serviços oficiais ligados à Administração Pública com 30 casos (3,4 % do total), seguido pelos estabelecimentos hoteleiros e similares com 28 incêndios (3,2 % do total). Nesta última categoria incluíram-se as barracas e contentores adaptados em pequenos estabelecimentos para a comercialização de diversos produtos alimentícios, com destaque para as bebidas alcoólicas. Refira-se que estes estabelecimentos encontram-se implantados em praticamente todos os bairros do Município de Maputo e constituem fonte de sustento para muitas famílias.



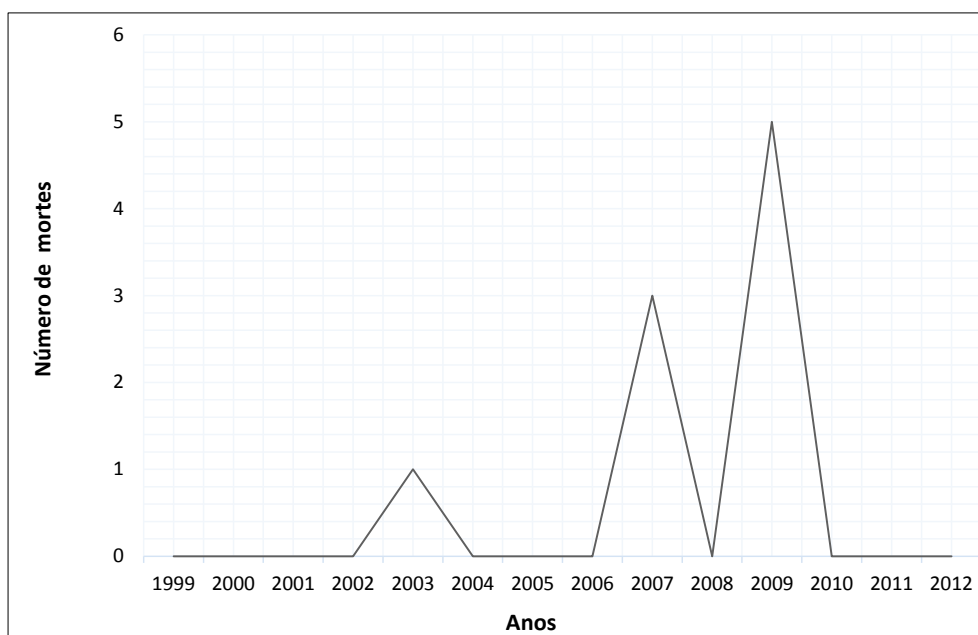
**Tabela 4.5 – Tipo de elementos afetados pelos incêndios no Município de Maputo de 1999 a 2012 (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

<b>Tipo de elemento afetado</b>	<b>Nº de incêndios</b>	<b>%</b>
Edifício residencial	543	61,2
Edifício comercial	159	17,9
Equipamento de eletricidade	58	6,5
Lixo	31	3,5
Edifício oficial	30	3,4
Estabelecimento Hoteleiro/similar	28	3,2
Capim	8	0,9
Estabelecimento de saúde	7	0,8
Jardim	6	0,7
Estabelecimento militar	4	0,5
Árvore	3	0,3
Estabelecimento de culto	2	0,2
Estabelecimento desportivo	2	0,2
Banco	1	0,1
Bomba de Água	1	0,1
Estabelecimento de ensino	1	0,1
Fábrica	1	0,1
Palmar	1	0,1
Ponte	1	0,1
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100,0</b>

De entre os elementos menos afetados pelos incêndios constam capim em zonas verdes mal conservadas, jardins, árvores na via pública, bombas de água, escolas, bancos, pontes, estabelecimentos de saúde, culto e militares que, no total, registam uma média de 2,7 casos por ano. De entre este último conjunto, destacam-se os estabelecimentos especiais como escolas, bancos, pontes, estabelecimentos de saúde, culto e militares que representam um elevado grau de risco devido, nomeadamente, às características dos ocupantes, ao nível de ocupação e à sua importância estratégica.

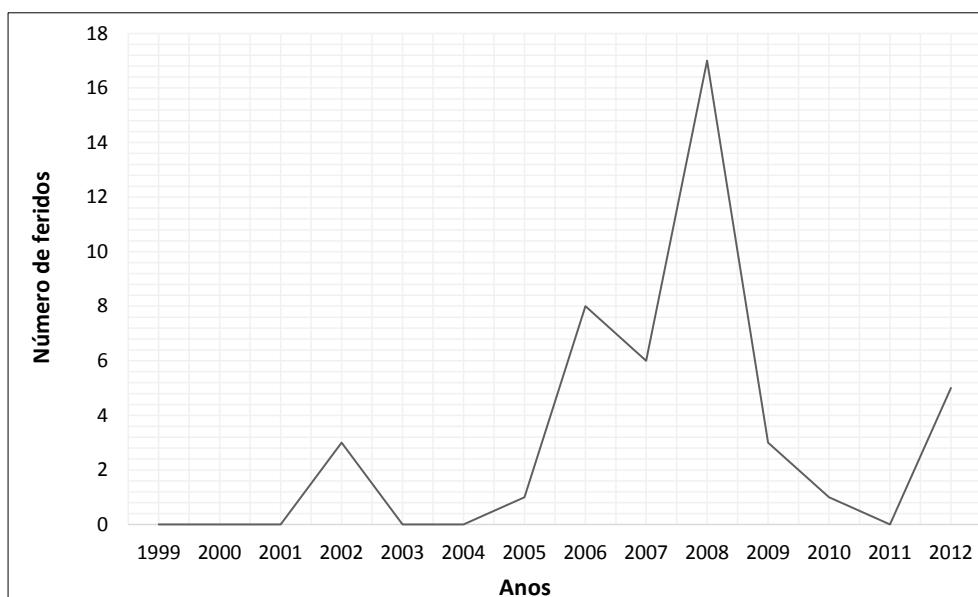
#### 4.7 Vítimas e Danos Materiais Registados

No que se refere ao número de vítimas humanas, os relatórios do SENSAP registam um total de nove mortos e 44 feridos no período em análise (Figura 4.7), com destaque para 2009, com cinco registos, seguido de 2007 com três e 2001 com um óbito, enquanto nos restantes anos não houve registo de mortes.



**Figura 4.7 – Distribuição anual das vítimas mortais provocadas por incêndios urbanos (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

Em relação aos feridos (Figura 4.8), 2008 é o ano com maior número de registos, 17 vítimas, seguido de 2006 com oito vítimas e depois 2007 e 2012 com seis e cinco vítimas, respetivamente. Em 2002 e 2009 houve registo de três feridos por ano, enquanto em 2005 e 2010, uma pessoa ficou ferida por ano. Nos restantes anos não houve registo de feridos provocados por incêndios.



**Figura 4.8 – Distribuição anual dos feridos devido a incêndios urbanos (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

Em relação aos danos materiais provocados pelos incêndios, os registos do SENSAP não fornecem detalhes acerca dos bens que foram perdidos nos elementos afetados, mas é possível contabilizar o número dos edifícios total ou parcialmente destruídos.

Neste contexto, no período analisado foram registados 509 edifícios afetados pelo fogo, dos quais 311 foram completamente destruídos, incluindo os bens no seu interior, representando uma média de 22 edifícios por ano e 9 por bairro. Os restantes 198 edifícios sofreram uma destruição parcial da sua estrutura, o que representa uma média anual de 14 e de 6 por bairro.

Em relação a danos em outros elementos expostos, destaca-se a destruição de infraestruturas importantes, nomeadamente uma ponte e uma bomba de combustível, bem como de veículos estacionados.

A determinação do valor dos danos em termos monetários é difícil, dado que os registos não detalham a estrutura dos imóveis afetados e, muito menos, os valores aproximados dos outros elementos ardidos. Outro grande entrave prende-se com dificuldades em se valorar a vida humana, tanto por questões éticas como operacionais.

## **5. Suscetibilidade a Incêndios Urbanos**

### **5.1 Introdução**

Como foi referido no capítulo 3, a avaliação da suscetibilidade à ocorrência de incêndios no Município de Maputo foi feita com base nos métodos estatísticos do Valor Informativo e da Regressão Logística. Este capítulo apresenta a classificação das variáveis utilizadas e a discussão da sua importância relativa na distribuição dos incêndios pelos bairros selecionados. São apresentados igualmente os resultados da avaliação e validação de três modelos de suscetibilidade produzidos: Modelo de Suscetibilidade 1, construído com o método do Valor Informativo e utilizando toda a população das unidades geográficas que possuem histórico de recorrência de incêndios; Modelo de Suscetibilidade 2, construído com o método do Valor Informativo e utilizando metade das unidades geográficas que possuem histórico de recorrência de incêndios (grupo de modelação); e Modelo de Suscetibilidade 3, construído com o método da Regressão Logística e utilizando todas as unidades geográficas que possuem histórico de recorrência de incêndios.

### **5.2 Variáveis Condicionantes Utilizadas na Modelação da Suscetibilidade a Incêndios Urbanos**

As variáveis consideradas nos exercícios de modelação da suscetibilidade correspondem aos fatores condicionantes, isto é, fatores que, direta ou indiretamente, podem exercer influência na distribuição espacial dos incêndios urbanos.

Resultante da revisão bibliográfica, dos dados do histórico de ocorrências de incêndios e da informação disponível, foram identificadas 8 variáveis fundamentais para a avaliação da suscetibilidade de incêndios urbanos no Município de Maputo: (1)

dimensão do quarteirão; (2) tipologia da edificação dominante; (3) número de casas por quarteirão; (4) presença de instalações técnicas; (5) qualidade das instalações elétricas; (6) número de habitantes por quarteirão; (7); densidade populacional; e (8) número de habitantes por casa. Todas as variáveis foram classificadas em 3 ou 4 categorias, traduzindo-se no número total de 30 classes.

### **5.2.1 Dimensão do quarteirão**

A variável “dimensão do quarteirão” fundamenta-se pela variabilidade do tamanho dos espaços que representam estas unidades geográficas, sendo que, *a priori*, a probabilidade de ocorrência de incêndio incrementa com a dimensão. A variável foi categorizada de acordo com a sua dimensão em hectares (ha) o que resultou em quatro classes: classe 1 (< 1 ha); classe 2 (1-10 ha); classe 3 (10-100 ha); e classe 4 (>100ha). A figura 5.1 ilustra a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com a respetiva dimensão.

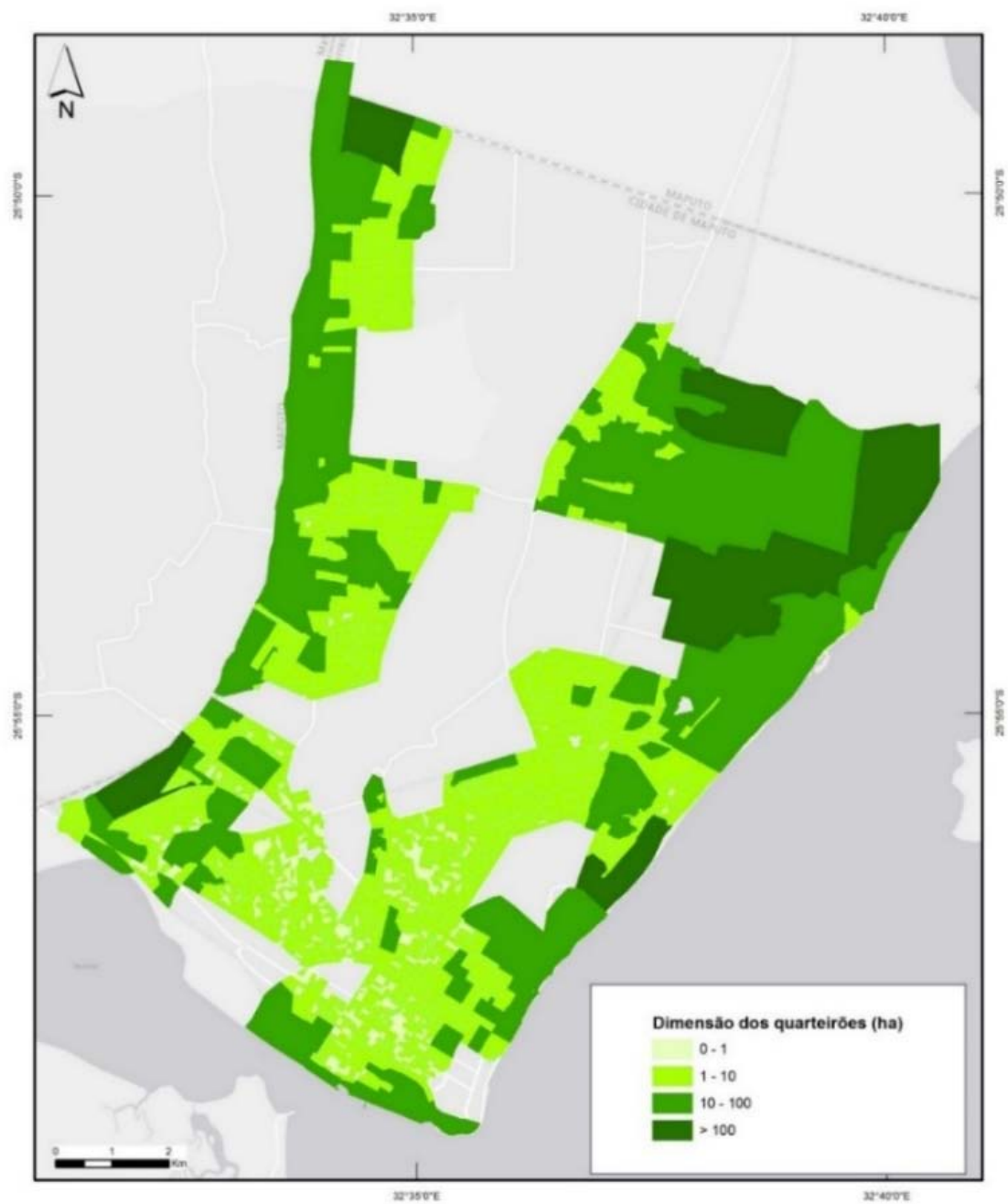


Figura 5.1 – Representação espacial da variável “dimensão do bairro”.

### **5.2.2 Tipologia da edificação dominante**

A variável “tipologia da edificação dominante” diz respeito às características físicas predominantes dos edifícios na unidade territorial quarteirão e ao tipo de uso a que se destinam e foi classificada em quatro classes: classe 1 – quarteirão com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços; classe 2 – quarteirão com predomínio de casas de alvenaria até 1 piso, essencialmente para habitação e pequenas atividades comerciais; classe 3 – quarteirão com predomínio de pequenas construções de alvenaria com rés-do-chão destinadas à habitação e barracas de restauração; e classe 4 – quarteirão com predomínio de casas prefabricadas ou de madeira e zinco, destinadas à habitação e barracas informais de restauração. A Figura 5.2 mostra a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com a tipologia da edificação dominante.

### **5.2.3 Número de casas por quarteirão**

A variável “número de casas por quarteirão” expressa a quantidade de habitações existentes em cada quarteirão e foi classificada em quatro classes: classe 1 – quarteirão com menos de 50 casas; classe 2 – quarteirão com 50 a 100 casas; classe 3 – quarteirão com 100 a 200 casas; e classe 4 – quarteirão com mais de 200 casas. A figura 5.3 mostra a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com o número de casas.

### **5.2.4 Presença de instalações técnicas**

A variável “presença de instalações técnicas” refere-se à existência ou ausência de instalações técnicas cujas características são suscetíveis de gerar ou agravar um incêndio. Esta variável foi dividida em três classes: classe 1 – quarteirão com bombas de combustível ou outras instalações que armazenam ou manuseiam materiais líquidos altamente inflamáveis; classe 2 – quarteirão com pequenas oficinas ou outras



instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho; e classe 3 – quarto sem instalações técnicas suscetíveis de gerar ou agravar um incêndio.

A figura 5.4 ilustra a distribuição dos quartos da área de estudo classificados de acordo com a presença e tipologia de instalações técnicas.

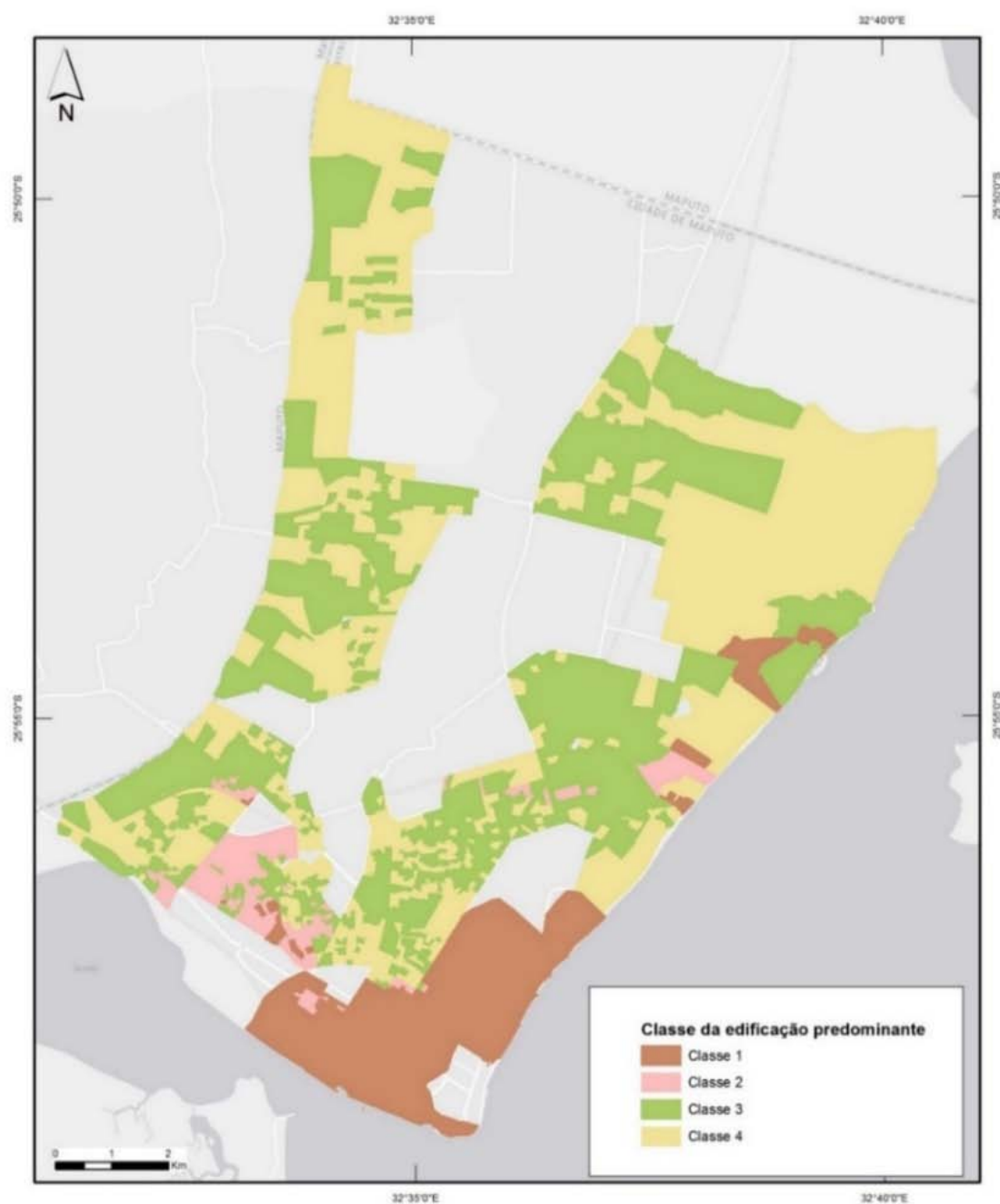


Figura 5.2 – Representação espacial da variável “tipologia da edificação dominante”.

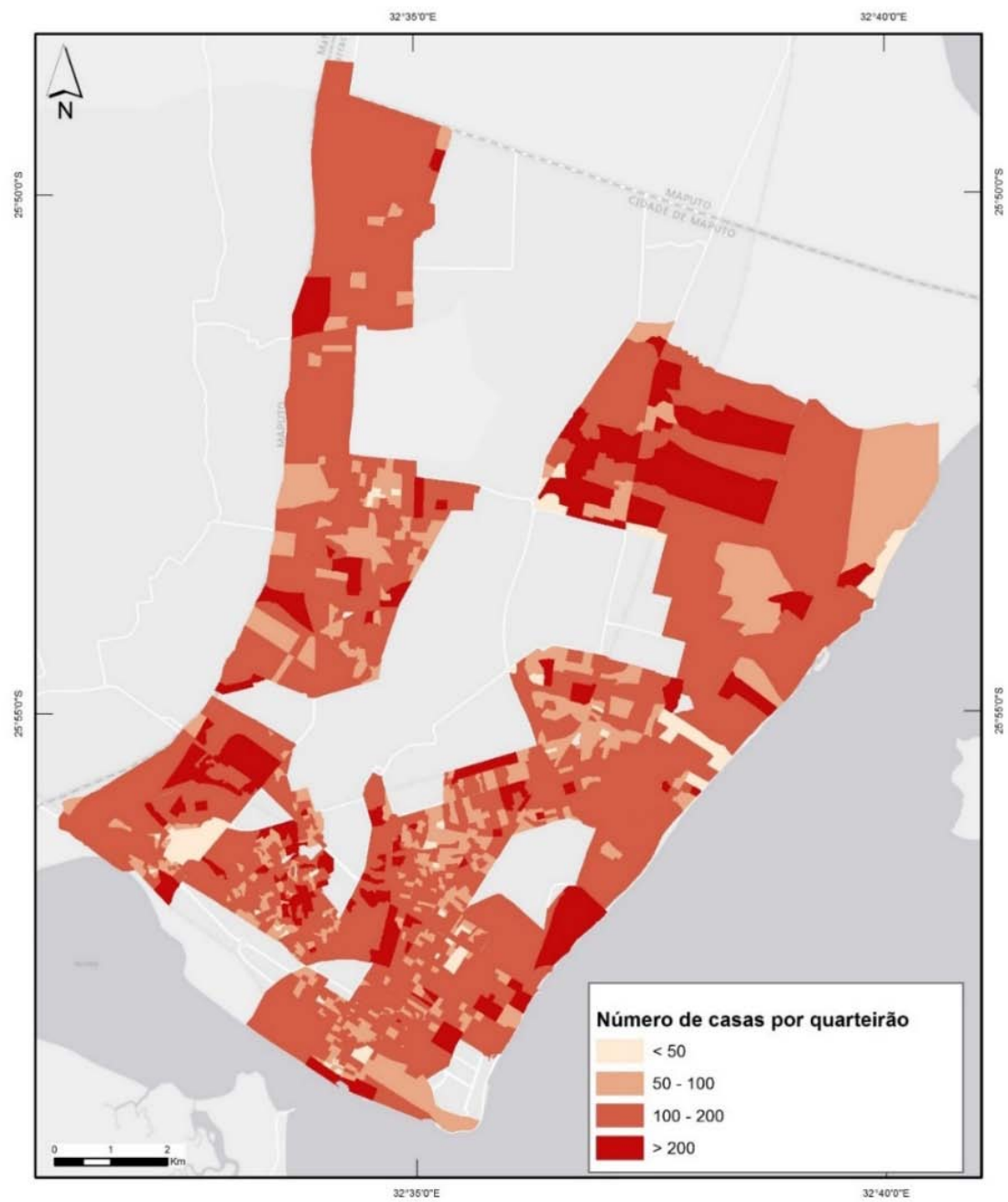
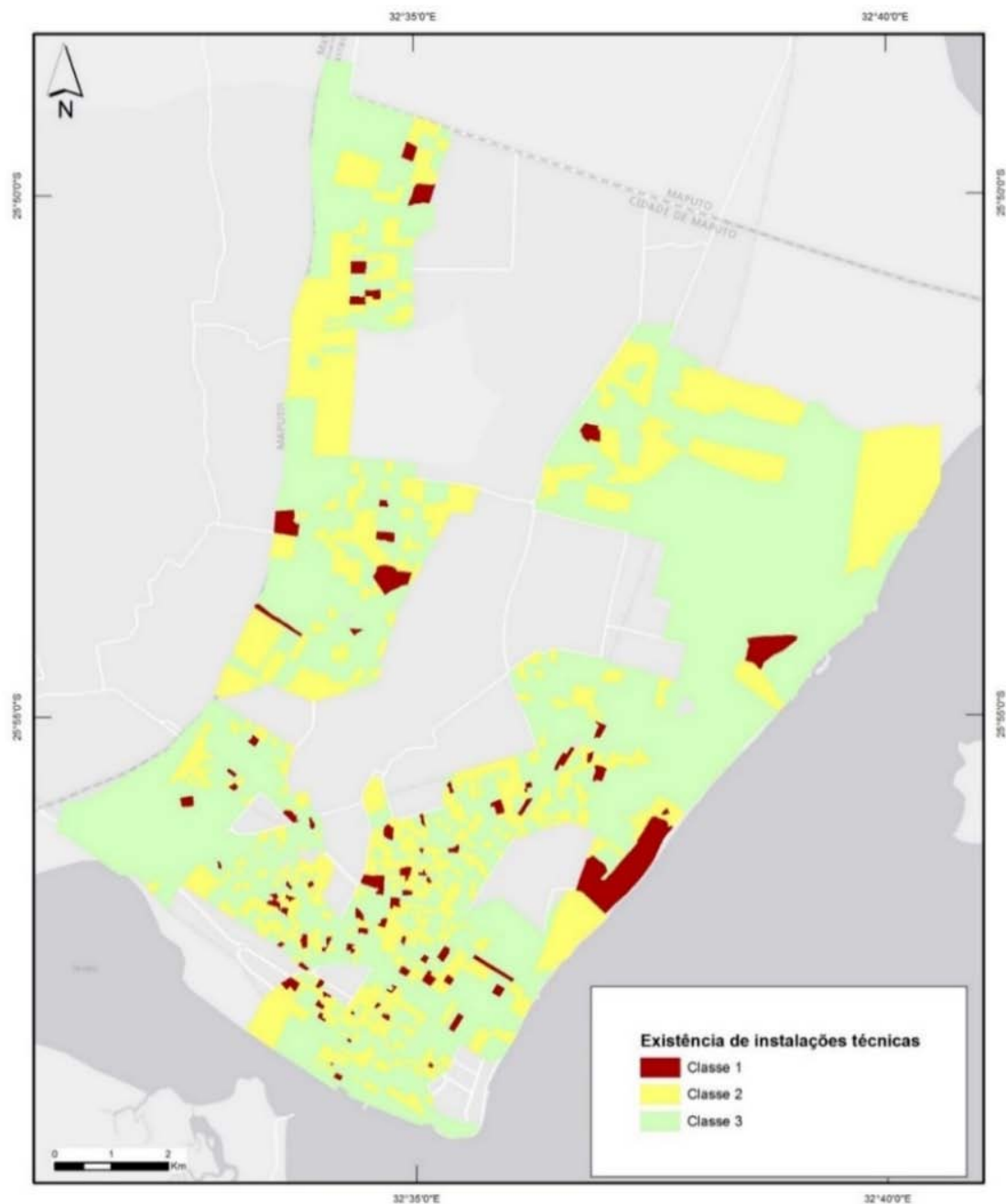


Figura 5.3 – Representação espacial da variável “número de casas por quarteirão”.



**Figura 5.4 – Representação espacial da variável “presença de instalações técnicas”.**

### **5.2.5 Qualidade de instalações elétricas**

As instalações elétricas exercem grande influência na ocorrência de incêndios, particularmente em Maputo, considerando a deficiente qualidade das mesmas, a

existência de ligações clandestinas e a sobrecarga de uso de eletricidade que resulta em curto-circuitos frequentes.

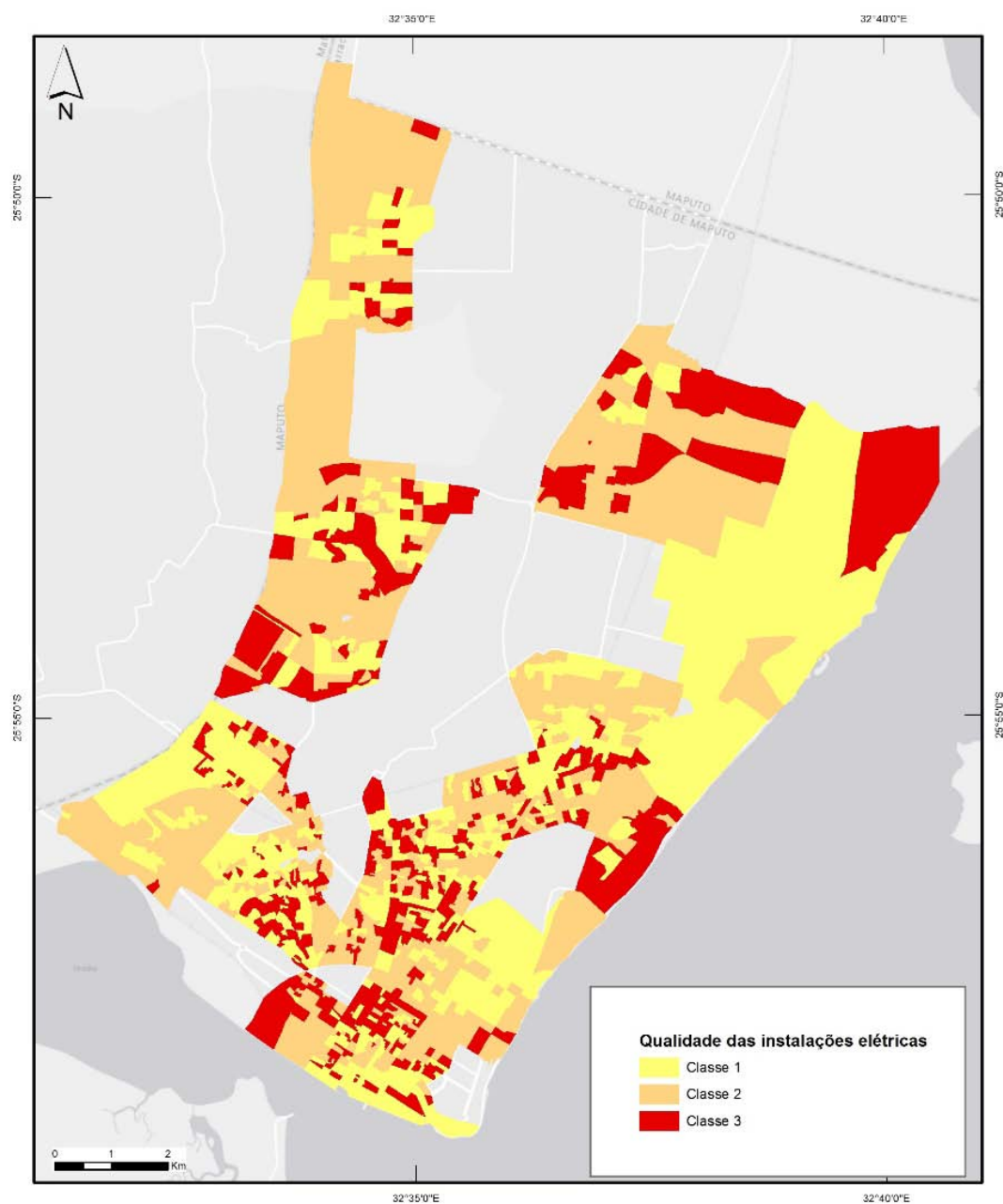
A variável “qualidade de instalações elétricas” foi classificada em três classes: classe 1 – quarto com instalações elétricas em condições de segurança e utilizadas segundo as boas práticas de serviço, sem sobrecargas e cujas condições de funcionamento não apresentam risco imediato; classe 2 – quarto com instalações elétricas que, ainda que parcialmente remodeladas com proteção dos circuitos, com disjuntores adequados às potências instaladas e com a respetiva terra de proteção, apresentam deficientes condições de segurança; e classe 3 – quarto com, pelo menos, uma das seguintes condições: (i) equipamentos, produtos ou instalações elétricas com graves problemas de isolamento; (ii) potência consumida superior à potência contratada, indicando algum improvisado ou desvio de corrente.

A figura 5.5 representa a distribuição dos quartos da área de estudo classificados de acordo com a qualidade das instalações elétricas dominantes.

#### **5.2.6 Número de habitantes por quarto**

A variável “número de habitantes por quarto” refere-se ao número de pessoas que têm residência fixa na unidade territorial de referência, e foi obtida a partir dos dados do Censo de População e Habitação de 2007, realizado pelo Instituto Nacional de Estatística (INE). Esta variável foi classificada em quatro classes: classe 1 – quarto com população inferior a 200 pessoas; classe 2 – quarto com população entre 200 e 500 pessoas; classe 3 – quarto com população entre 500 e 1000 pessoas; e classe 4 – quarto com população superior a 1000 pessoas.

A figura 5.6 representa a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com os correspondentes números de habitantes.



**Figura 5.5 – Representação espacial da variável “qualidade de instalações elétricas”.**

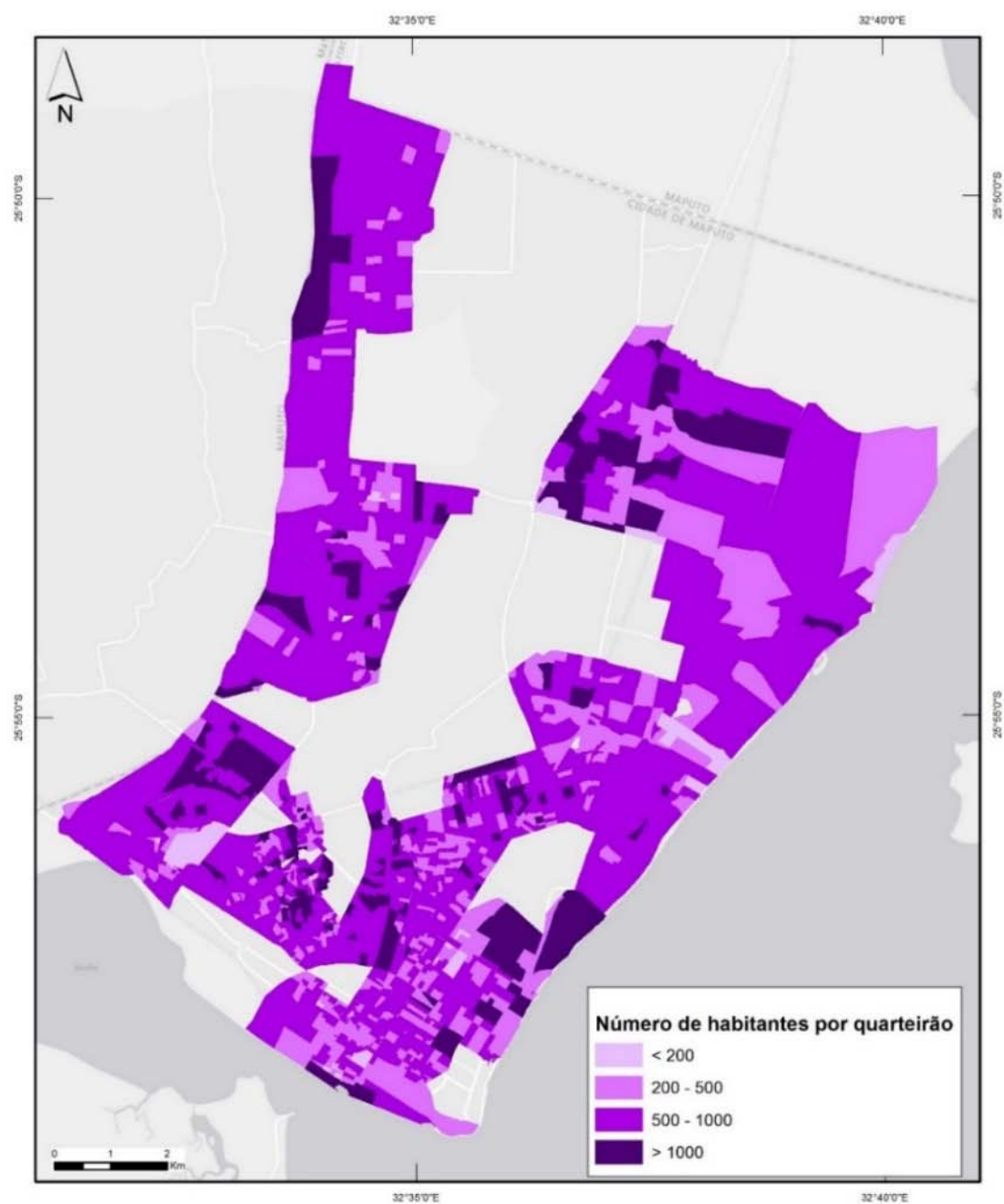


Figura 5.6 – Representação espacial da variável “número de habitantes por quarteirão”.

### **5.2.7 Densidade populacional**

A variável “densidade populacional” indica a distribuição da população por quilómetro quadrado ( $\text{km}^2$ ) na área de estudo, segundo os dados do INE. Esta variável foi igualmente classificada em quatro classes: classe 1 – quarteirão com menos de 500 pessoas por  $\text{km}^2$ ; classe 2 – quarteirão com 500 a 5000 pessoas por  $\text{km}^2$ ; classe 3 – quarteirão com 5000 a 50000 pessoas por  $\text{km}^2$ ; e classe 4 – quarteirão com mais de 50000 pessoas por  $\text{km}^2$ .

A Figura 5.7 representa a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com os correspondentes números de habitantes por  $\text{km}^2$ .

### **5.2.8 Número de habitantes por casa**

A variável “número de habitantes por casa” indica a dimensão típica dos agregados familiares em cada quarteirão da área de estudo, de acordo com os dados do INE. Esta variável foi igualmente classificada em quatro classes: classe 1 – quarteirão com menos de 4 pessoas por casa; classe 2 – quarteirão com 4 a 5 pessoas por casa; classe 3 – quarteirão com 5 a 6 pessoas por casa; e classe 4 – quarteirão com mais de 6 pessoas por casa. A figura 5.8 representa a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com a dimensão média dos agregados familiares.



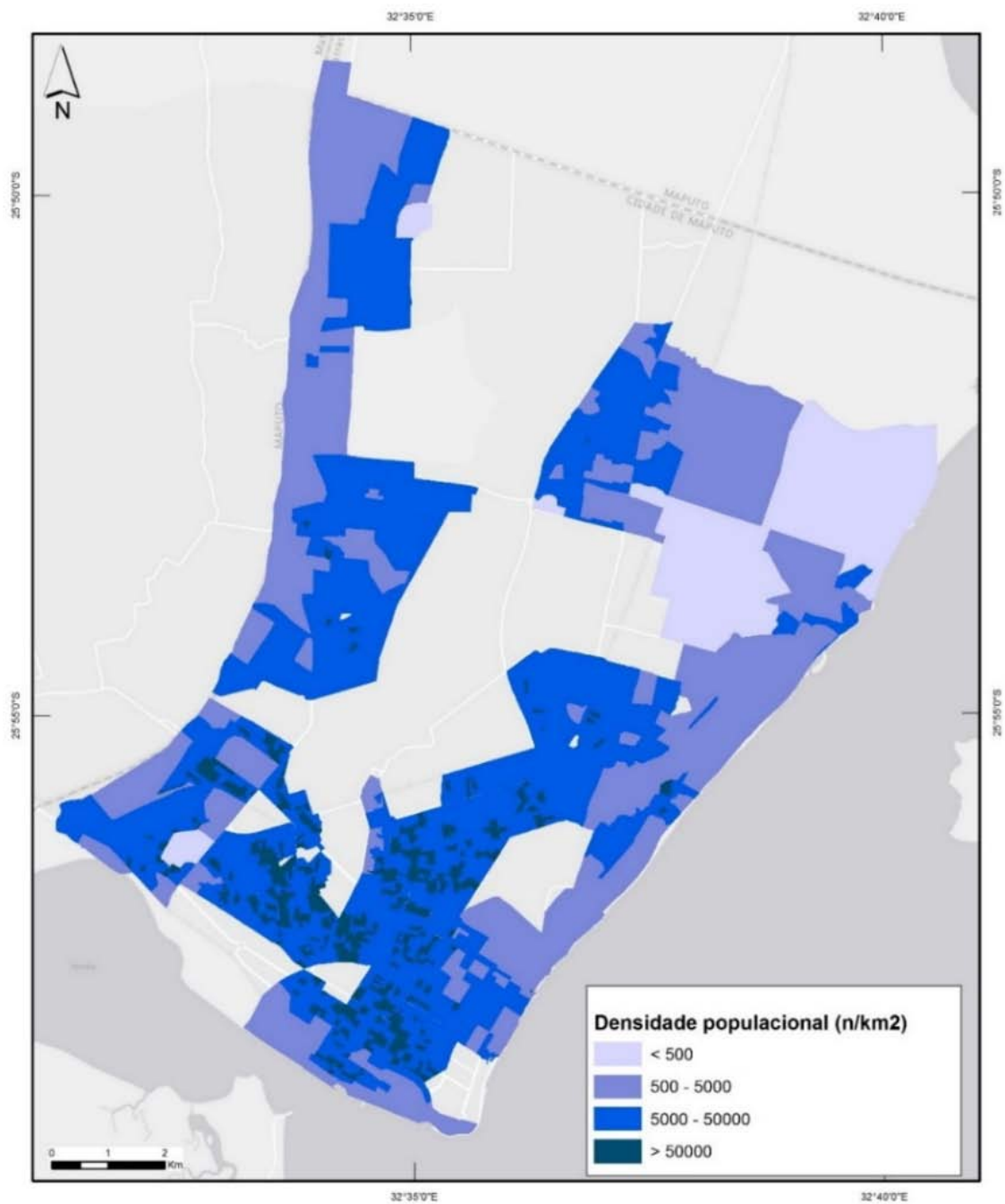


Figura 5.7 – Representação espacial da variável “densidade populacional”.



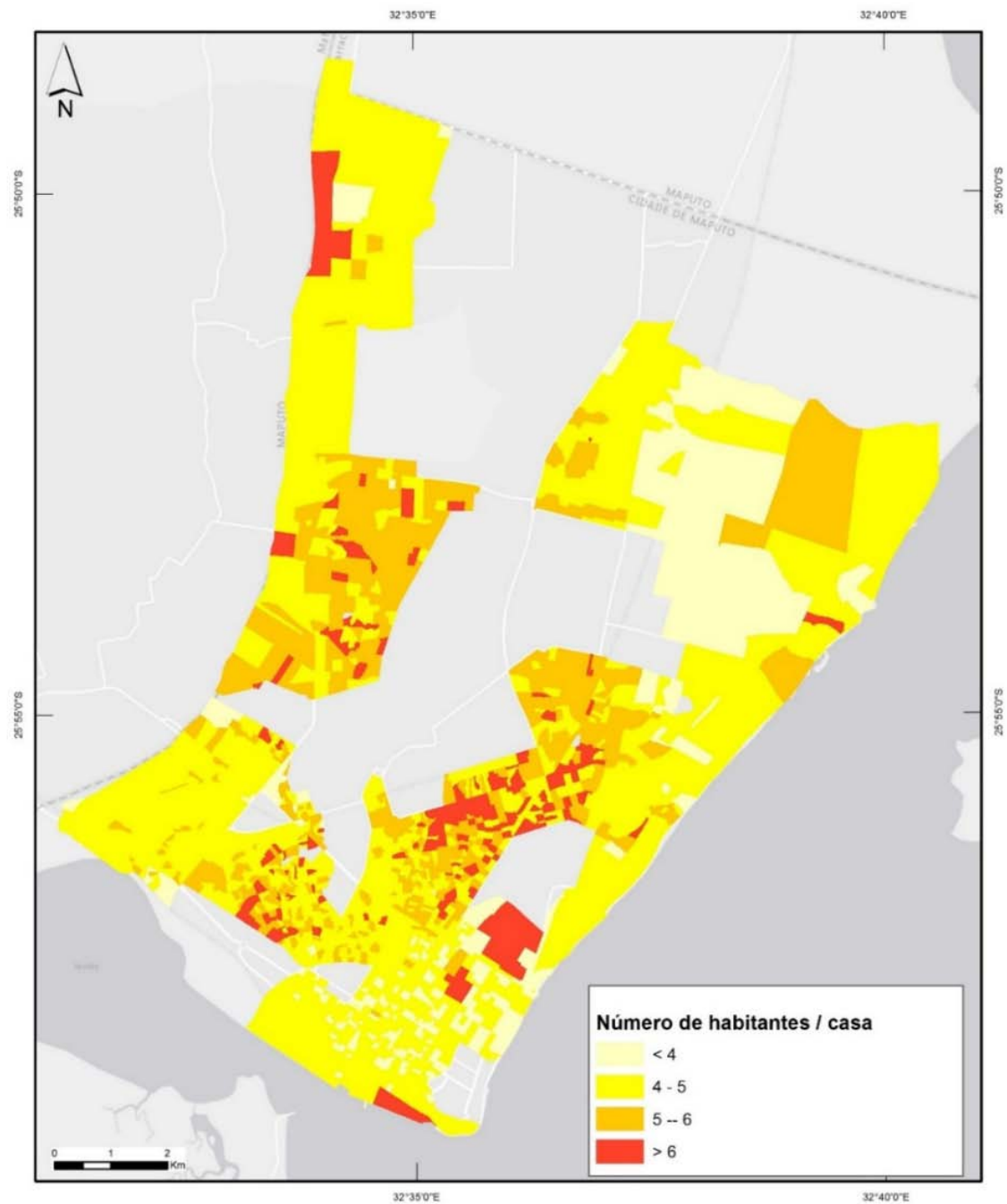


Figura 5.8 – Representação espacial da variável “número de habitantes por casa”.

### **5.3 Modelo de Suscetibilidade 1: Valor Informativo com a Totalidade dos Quarteirões**

Como ficou explícito no capítulo 3, os modelos de suscetibilidade foram produzidos com os quarteirões com um histórico de recorrência de incêndios, face a algumas limitações dos dados de base e para assegurar maior consistência nos resultados obtidos. Assim, a figura 5.9 mostra a distribuição dos quarteirões onde foram registados dois ou mais incêndios urbanos, verificando-se maior concentração de casos na zona sul do Município, correspondente aos bairros mais antigos da cidade de cimento. Em contrapartida, a recorrência de incêndios tem menor representatividade em bairros mais suburbanos ou relativamente novos.

O primeiro modelo construído para avaliar a suscetibilidade aos incêndios em Maputo recorreu ao conjunto de variáveis condicionantes descritas na secção 5.2 e à totalidade dos quarteirões que possuem histórico de recorrência de incêndios. Teoricamente, esta opção tem a vantagem de produzir um modelo mais realista, uma vez que integra a totalidade da informação disponível. O seu principal inconveniente consiste no facto de não poder ser validado de modo independente.

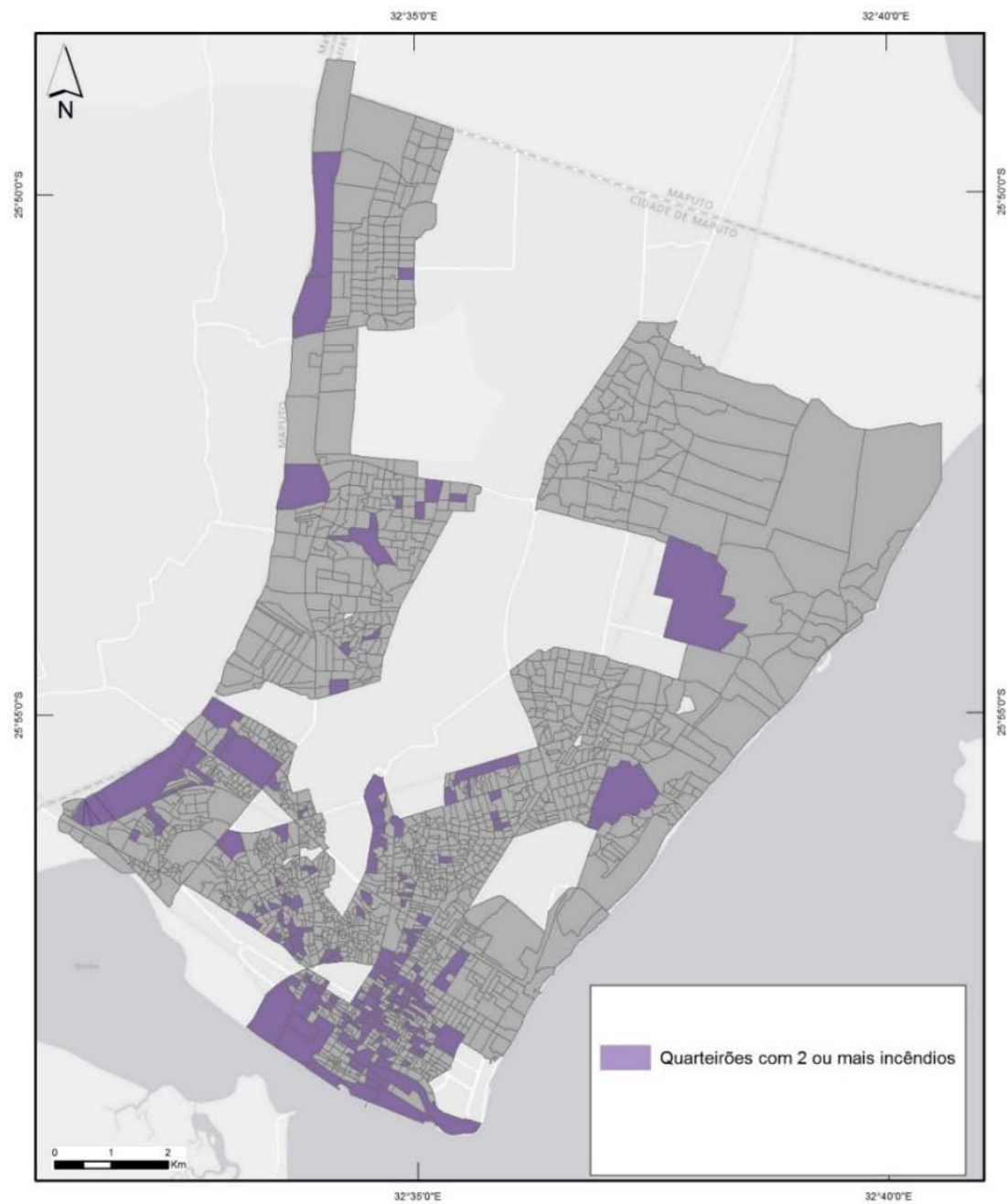


Figura 5.9 – Quarteirões com histórico de recorrência de casos de incêndio.

### 5.3.1 Determinação de probabilidades *a priori* e condicionadas

Conforme foi referido no capítulo 3, a aplicação do método do Valor Informativo pressupõe a determinação prévia das probabilidades *a priori* e probabilidades condicionadas.

A probabilidade *a priori* traduz a possibilidade de uma unidade territorial (neste caso o quarteirão) registar uma recorrência de incêndio sem considerar os fatores condicionantes e obtém-se a partir da razão entre o número de quarteirões com histórico de recorrência de incêndios e o número total de quarteirões da área de estudo (Tabela 5.1). Deste modo, a probabilidade de recorrência de incêndio num qualquer quarteirão de Maputo seria traduzida pelo valor da probabilidade *a priori* (0,094), no caso da ocorrência dos incêndios no espaço ser puramente aleatória e admitindo robustez e representatividade do registo dos incêndios passados.

Por seu turno, as probabilidades condicionadas expressam a verosimilhança de um incêndio ocorrer num qualquer quarteirão da área de estudo, na condição da presença de um determinado fator condicionante. As probabilidades condicionadas foram determinadas para cada classe de cada variável, através da razão entre o número de quarteirões com recorrência de incêndios e com presença da classe da variável e o número de quarteirões com presença da classe da variável (Tabela 5.2). A tabela 5.2 sintetiza as probabilidades condicionadas correspondentes a cada uma das classes das 8 variáveis usadas neste trabalho, considerando a totalidade dos quarteirões com recorrência de incêndios.

**Tabela 5.1 – Probabilidade *a priori* de recorrência de incêndios nos quarteirões de Maputo, considerando a totalidade dos quarteirões com histórico de recorrência de casos.**

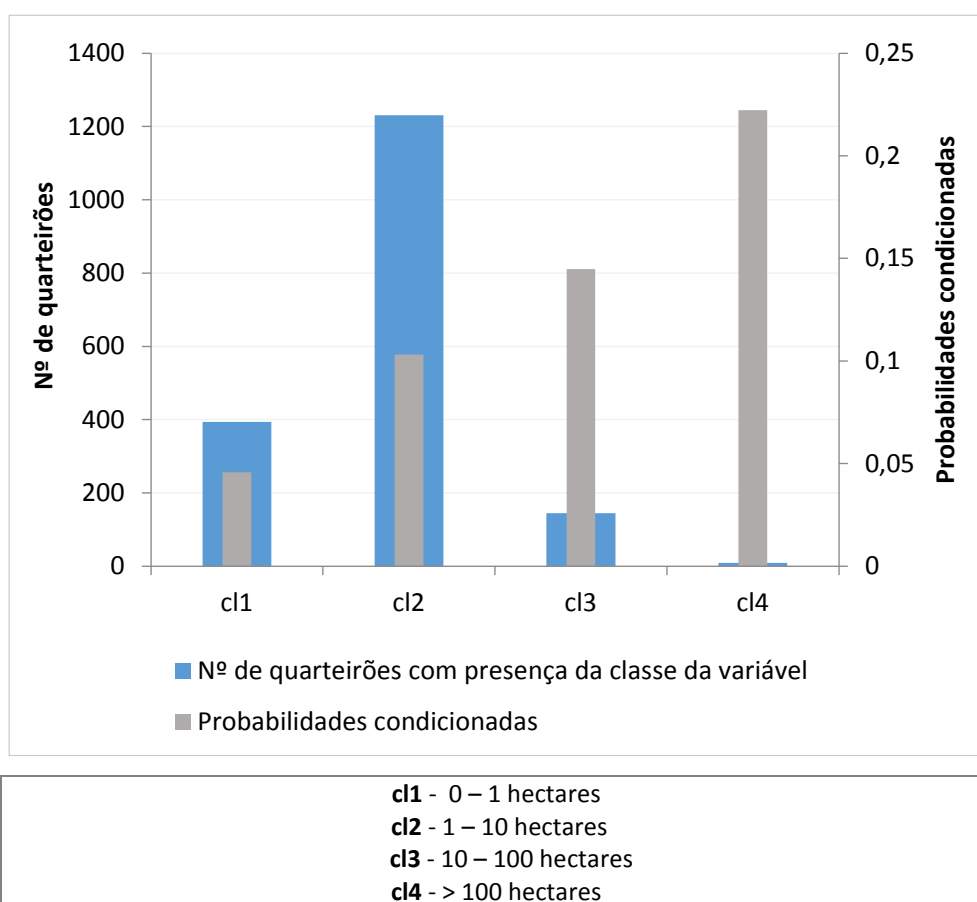
<b>Tipo de perigo</b>	<b>Nº total de quarteirões</b>	<b>Nº total de quarteirões com recorrência de incêndios</b>	<b>Probabilidade <i>a priori</i></b>
Incêndios urbanos	1779	168	0,094

**Tabela 5.2 – Probabilidades condicionadas obtidas para as classes dos fatores condicionantes considerando a totalidade dos quarteirões com histórico de recorrência de incêndios. Os valores a negrito destacam as classes que explicam melhor a distribuição espacial dos incêndios.**

Variáveis	Classes das variáveis	Nº de quarteirões com presença da classe da variável	Nº de quarteirões com recorrência de incêndios	Probabilidade condicionada
Dimensão do quarteirão (ha)	0-1	394	18	0,046
	1-10	1231	127	0,103
	10-100	145	21	0,145
	>100	9	2	<b>0,222</b>
Tipologia da edificação predominante	cl1	400	83	<b>0,208</b>
	cl2	137	14	0,102
	cl3	706	34	0,048
	cl4	536	37	0,069
Número de casas por quarteirão	cl1	54	3	0,056
	cl2	449	33	0,073
	cl3	1149	113	0,098
	cl4	127	19	<b>0,150</b>
Existência de instalações técnicas	cl1	79	4	0,051
	cl2	569	71	<b>0,125</b>
	cl3	1131	93	0,082
Qualidade de instalações elétricas	cl1	639	50	0,078
	cl2	711	61	0,086
	cl3	429	57	<b>0,133</b>
Nº de habitantes por quarteirão	cl1	34	3	0,088
	cl2	514	41	0,080
	cl3	1096	104	0,095
	cl4	135	20	<b>0,148</b>
Densidade Populacional (hab/km2)	cl1	9	1	0,111
	cl2	106	18	<b>0,170</b>
	cl3	1138	117	0,103
	cl4	526	32	0,061
Número de habitantes por casa	cl1	174	25	<b>0,144</b>
	cl2	1007	109	0,108
	cl3	449	23	0,051
	cl4	149	11	0,074

A partir dos valores da tabela 5.2 foi possível construir gráficos para cada variável, que ilustram melhor a importância relativa de cada classe na distribuição dos incêndios pela área de estudo. Adicionalmente, cada gráfico mostra a representatividade absoluta de cada classe dentro da área de estudo.

A figura 5.10 ilustra os resultados da variável “dimensão do quarteirão”, verificando-se que a esmagadora maioria dos quarteirões (69,2 % do total) tem dimensão entre 1 e 10 hectares, enquanto os quarteirões de dimensão mais reduzida (< 1 hectare) ocupam uma posição secundária (22,1 % do total). Os quarteirões com dimensão entre 10 e 100 hectares representam 8,2 % do total e os quarteirões de muito grande dimensão (> 100 hectares) são em número muito reduzido (9 casos), correspondendo a apenas 0,5 % do total.



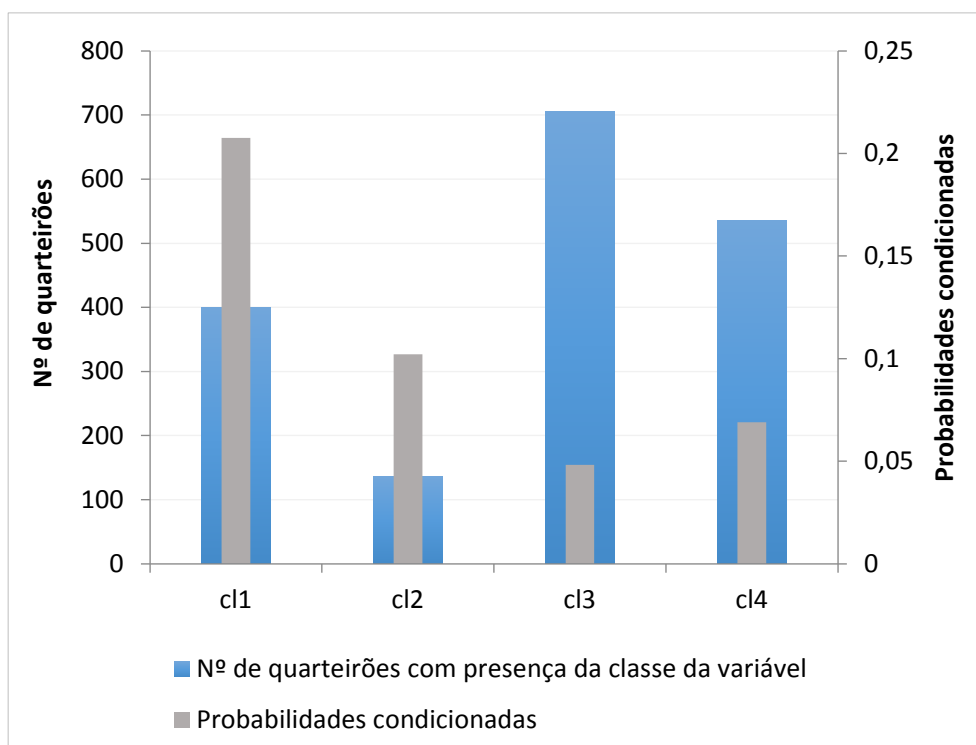
**Figura 5.10 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “dimensão do quarteirão”.**

Considerando as probabilidades condicionadas da variável “dimensão do quarteirão”, verifica-se que a classe 4 (quarteirões com mais de 100 hectares) é a que apresenta

maior importância relativa na distribuição dos incêndios pelo espaço municipal. No entanto, o facto de esta classe estar presente num número muito reduzido de unidades geográficas influencia certamente o alto resultado da probabilidade condicionada. Adicionalmente, a distribuição das probabilidades condicionadas mostra que estas incrementam sistematicamente da classe 1 para a classe 4, o que na prática significa que, quanto maior for a unidade geográfica de análise, maior é a probabilidade de registar um incêndio.

A figura 5.11 mostra os resultados da variável “tipologia da edificação predominante”, verificando-se que na maioria dos quarteirões (39,7 % do total) predominam pequenas construções de alvenaria rés-do-chão, destinadas à habitação e barracas de restauração, enquanto os quarteirões nos quais predominam casas prefabricadas ou de madeira e zinco destinadas à habitação e barracas de restauração informal ocupam uma posição secundária, equivalente a 30,1 % do total. Os quarteirões com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços, correspondem a 22,5 % do total, e os quarteirões onde predominam casas de alvenaria até 1 piso, essencialmente para habitação e pequenas atividades comerciais, são em número muito reduzido, correspondendo a 7,7 % do total.

As probabilidades condicionadas da variável “tipologia da edificação predominante” fazem destacar claramente a classe 1 (quarteirões com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços). Estes resultados são explicados pela coincidência destes quarteirões com a área mais antiga do Município onde há superlotação dos edifícios e sobrecarga de utilização. Adicionalmente, os resultados podem sofrer influência estatística uma vez que a maioria destes quarteirões situa-se numa zona próxima do quartel dos bombeiros, o que permite que os casos neles ocorridos não escapem dos registos, contrariamente aos quarteirões com presença das outras classes da variável em que se nota uma distribuição menos consistente das probabilidades condicionantes.



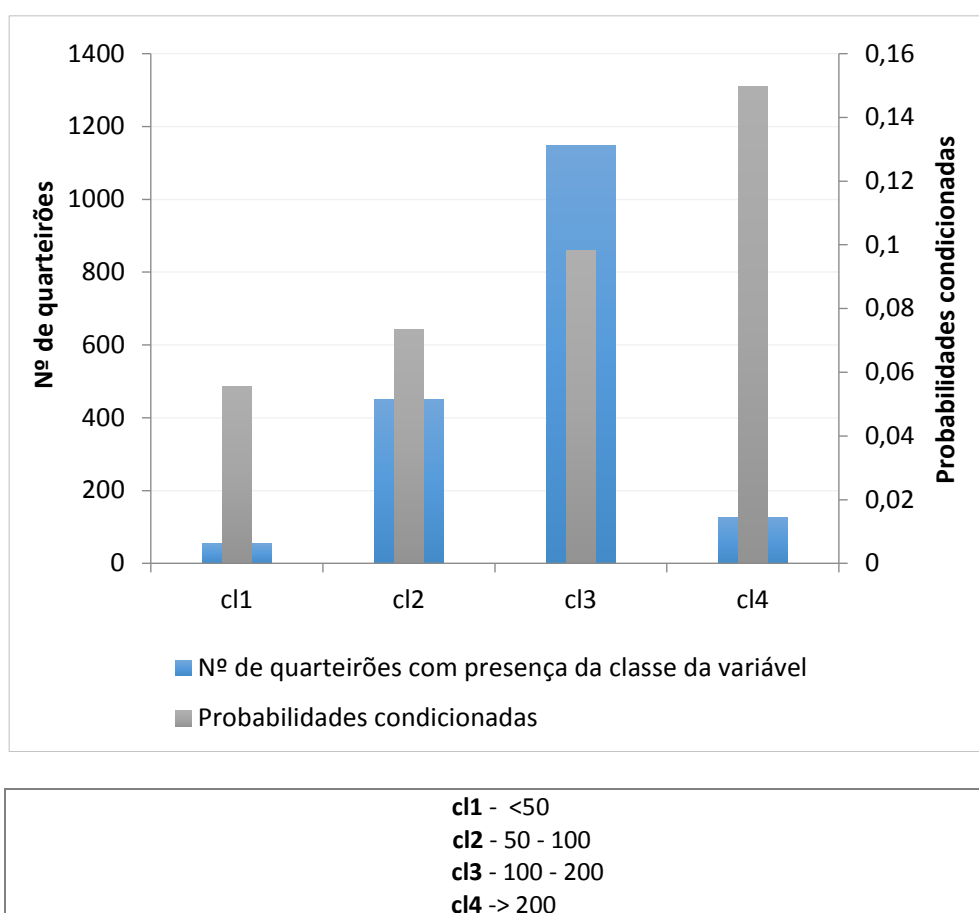
**cl1** - Predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços.  
**cl2** - Predomínio de casas de alvenaria até 1 piso essencialmente para habitação e pequenas atividades comerciais.  
**cl3** - Predomínio de pequenas construções de alvenaria rés-do-chão destinadas à habitação e barracas de restauração.  
**cl4** - Predomínio de casas prefabricadas ou de madeira e zinco, destinadas à habitação e barracas de restauração informal.

**Figura 5.11 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “tipologia da edificação predominante”.**

A figura 5.12 ilustra os resultados da variável “número de casas por quarteirão”, verificando-se que a esmagadora maioria dos quarteirões (64,6 % do total) tem entre 100 e 200 casas, enquanto os quarteirões com 50 a 100 casas ocupam uma posição secundária, correspondente a 25,2 % do total. Os quarteirões com maior número de casas (mais de 200) equivalem a 7,1 % do total e um menor número de quarteirões (54, correspondentes a 3 % do total) tem menos de 50 casas.



As probabilidades condicionadas da variável “número de casas por quarteirão” indicam que a classe 4 (quarteirões com mais de 200 casas) é a que apresenta maior importância relativa na distribuição dos incêndios pelo espaço municipal. Adicionalmente, a distribuição das probabilidades condicionadas mostra que estas incrementam sistematicamente da classe 1 para a classe 4, o que na prática significa que, quanto maior for o número de casas por quarteirão, maior é a probabilidade de registar um incêndio.



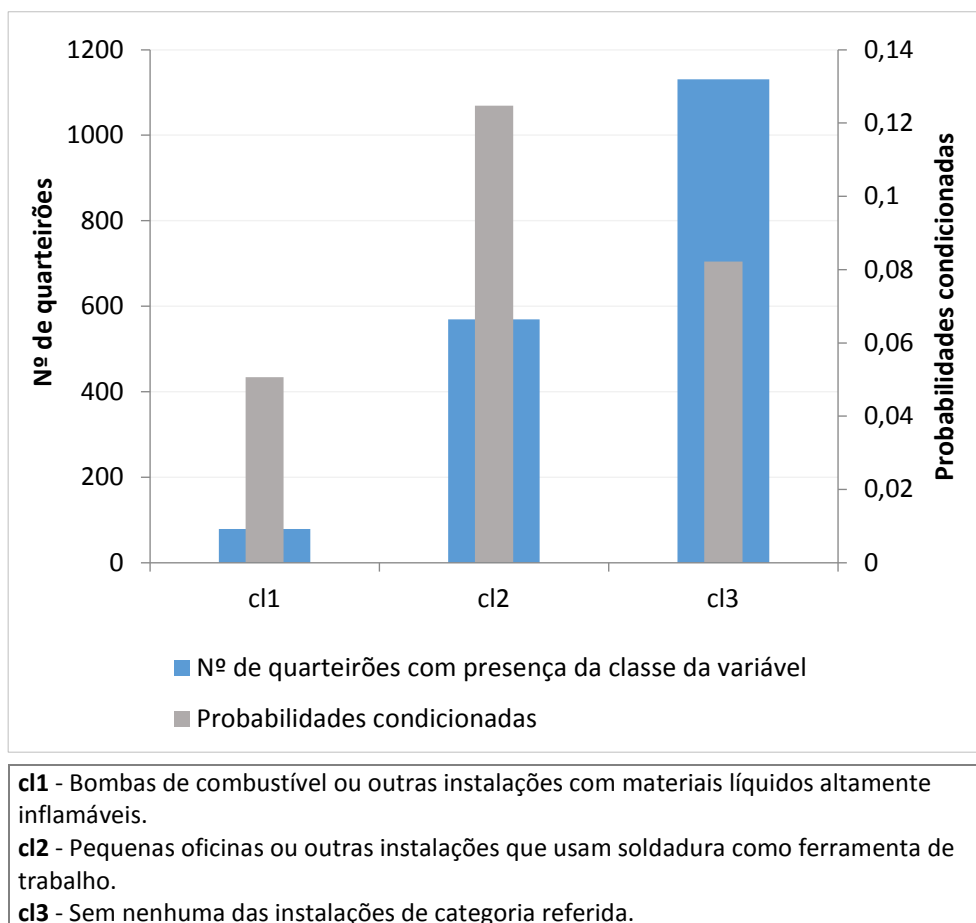
**Figura 5.12 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de casas por quarteirão”.**

A figura 5.13 apresenta os resultados da variável “presença de instalações técnicas”, verificando-se que a maioria dos quarteirões (63,6 % do total) não dispõe de qualquer instalação técnica considerada: bombas de combustível ou outras instalações com materiais líquidos altamente inflamáveis; pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho. Pelo contrário, 569 quarteirões, equivalentes a 32 % do total, têm pelo menos uma pequena oficina ou outro tipo de instalação que usa soldadura como ferramenta de trabalho. Os quarteirões com pelo menos uma bomba de combustível ou outro tipo de instalação com materiais líquidos altamente inflamáveis são em número reduzido (79), correspondente a 4,4 % do total.

A existência ou ausência de instalações técnicas é um fator de peso na ocorrência de incêndios em Maputo. Com efeito, as probabilidades condicionadas desta variável mostram que a classe 2 (áreas com pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como uma das ferramentas de trabalho) é que apresenta maior importância na distribuição dos incêndios a nível municipal. As oficinas de soldadura representam elevada propensão para a ocorrência de incêndios pois, muitas vezes, não reúnem condições mínimas de segurança. Refira-se que os trabalhos com instalações de soldadura são referenciados igualmente como causas de incêndios urbanos nos núcleos antigos do Seixal, em estudos de Vicente *et al.* (2010).

A figura 5.14 mostra os resultados da variável “qualidade de instalações elétricas”, constatando-se que a maioria dos quarteirões (711), correspondentes a 40 % do total, apresenta instalações elétricas que, ainda que parcialmente remodeladas com proteção dos circuitos com disjuntores adequados às potências instaladas e com a respetiva terra de proteção, apresentam deficientes condições de segurança, enquanto em 639 quarteirões (35,9 % do total) as instalações elétricas cumprem com as condições de segurança e de utilização, não representando risco imediato. Existe um número significativo de quarteirões (429, correspondentes a 24,1 % do total), que apresenta pelo menos, uma das seguintes condições: equipamentos, produtos ou

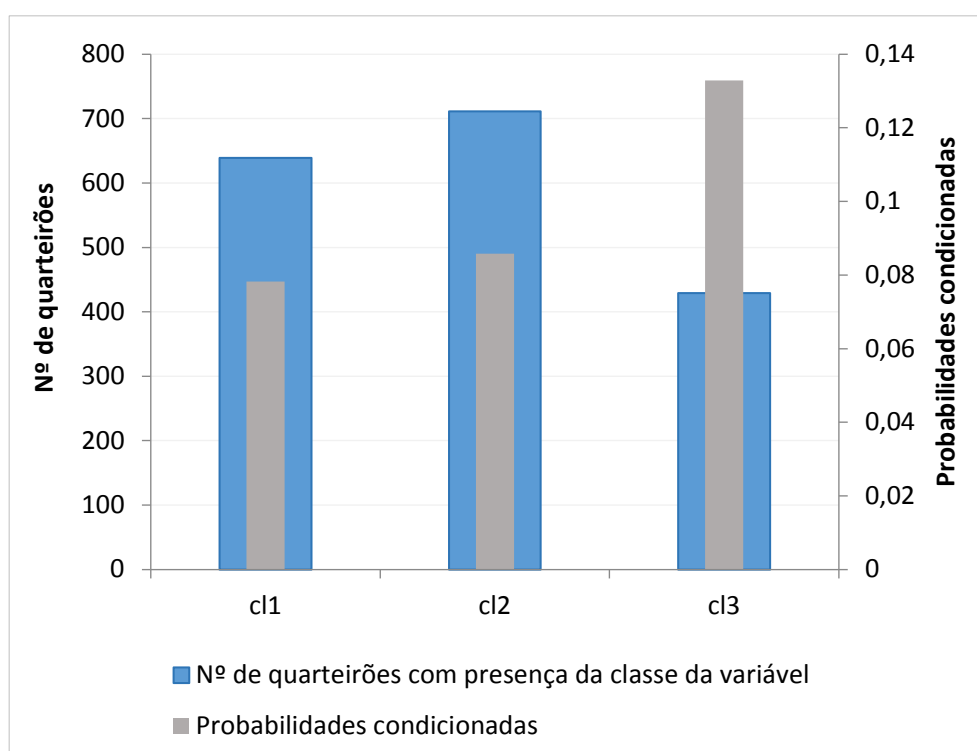
instalações elétricas com graves problemas de isolamento; potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum improviso ou desvio de corrente.



**Figura 5.13 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “existência de instalações técnicas”.**

Como foi referido no capítulo 4, as instalações elétricas são o fator condicionante responsável pela ocorrência de mais de 1/3 dos incêndios em Maputo. As probabilidades condicionadas desta variável revelam que a classe 3 é que representa maior importância relativa na distribuição dos incêndios. Na prática, a probabilidade de ocorrência de incêndio é maior nos bairros com equipamentos, produtos ou

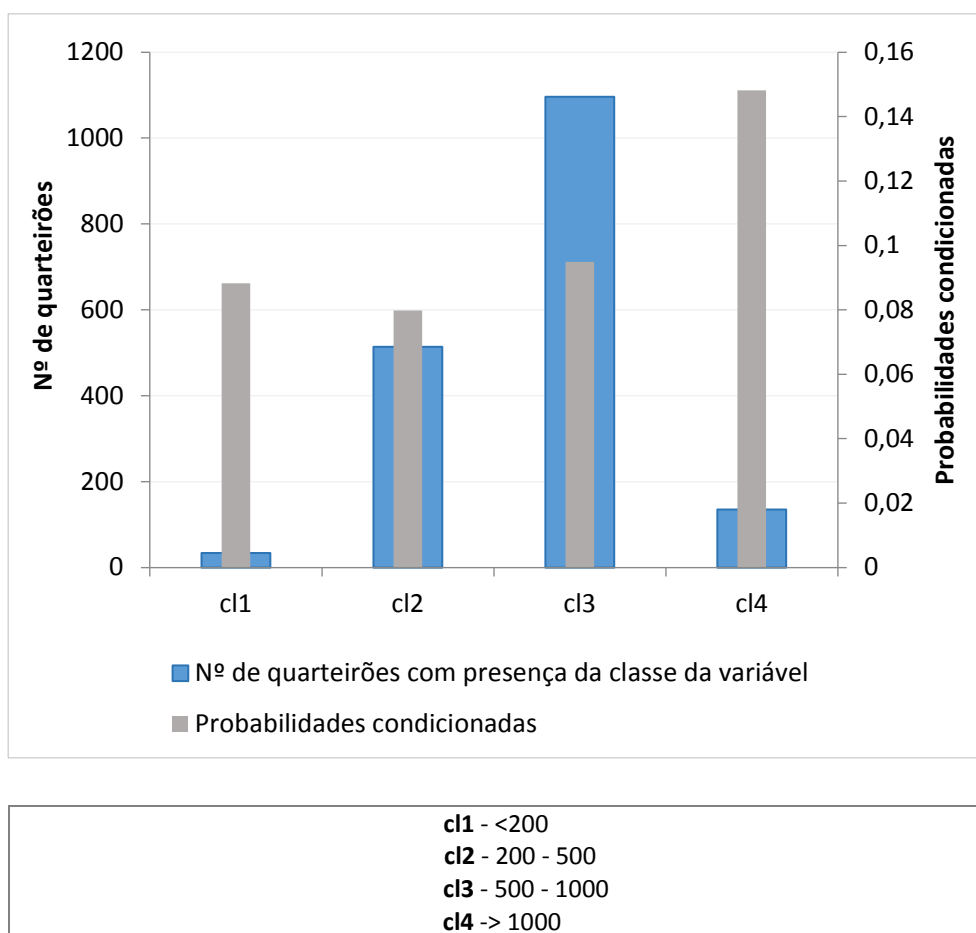
instalações elétricas com graves problemas de isolamento; potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente. As outras duas classes apresentam probabilidades condicionadas mais baixas, o que significa uma relação espacial mais baixa com a ocorrência dos incêndios urbanos em Maputo. Estes resultados estão de acordo com os dados do histórico de incêndios no Município de Maputo, uma vez que, como já foi referido, 40 % dos casos registados nos catorze anos estudados (1999-2012) tiveram como causa os curto-circuitos em instalações elétricas.



**cl1** - Com instalações elétricas em condições de segurança em vigor e utilizadas segundo as boas práticas de serviço, sem sobrecargas e sem risco imediato.  
**cl2** - Com instalações elétricas que, ainda que parcialmente remodeladas, com proteção dos circuitos com disjuntores adequados às potências instaladas e com a respetiva terra de proteção, apresentam deficientes condições de segurança.  
**cl3** - Com pelo menos, uma das seguintes condições: equipamentos, produtos ou instalações elétricas com graves problemas de isolamento; potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente.

**Figura 5.14 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “qualidade de instalações elétricas”.**

A figura 5.15 ilustra os resultados da variável “número de habitantes por quarteirão”, onde se verifica que a maioria dos quarteirões (1096 equivalentes a 61,6 % do total) tem entre 500 e 1000 pessoas, enquanto os quarteirões com população entre 200 e 500 pessoas são 514, o correspondente a 28,9 % do total. Os quarteirões com menor número de pessoas (menos de 200) são apenas 34, representando 1,9 % do total, enquanto os quarteirões com maior número de habitantes (mais de 1000) são 135, representando 7,6 % do total.

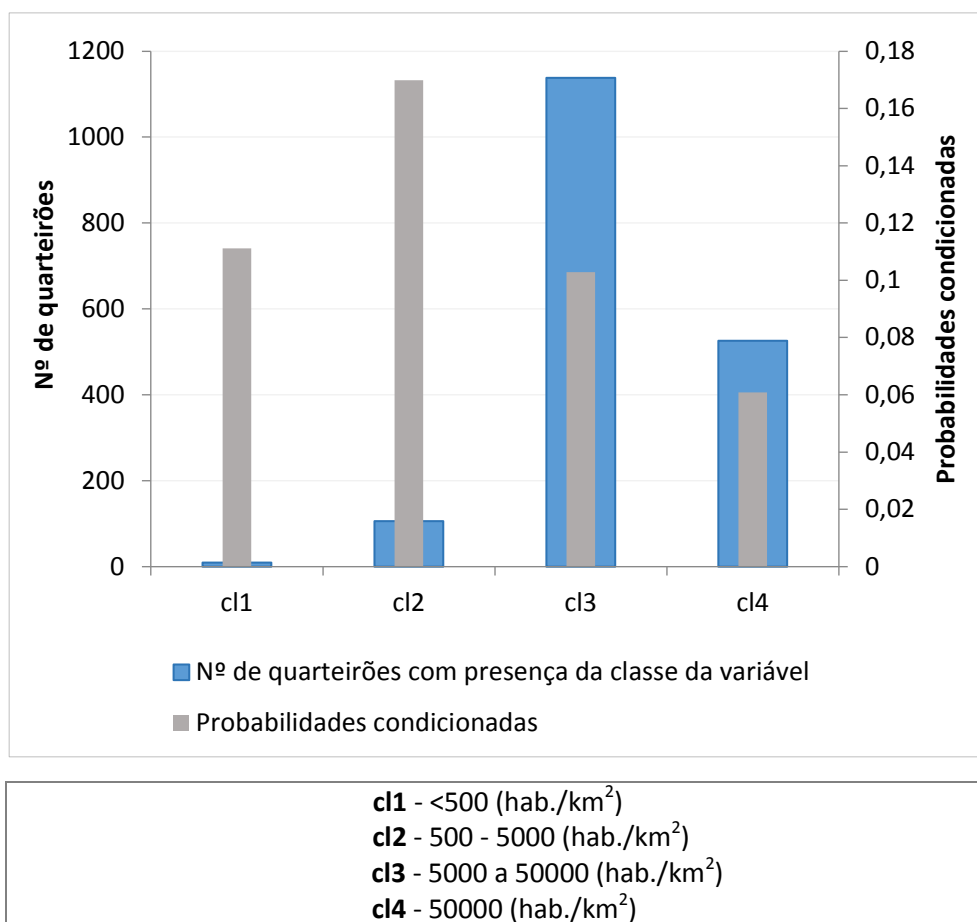


**Figura 5.15 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por quarteirão”.**

As probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por quarteirão”, indicam que a classe 4 (com mais de 1000 pessoas) é a que apresenta maior importância relativa na distribuição dos incêndios pela área estudada. No entanto, esta classe está presente em número reduzido de unidades geográficas, o que influencia diretamente o resultado da probabilidade condicionada. Adicionalmente, a distribuição das probabilidades condicionadas mostra que estas incrementam regularmente da classe 2 para a classe 4.

A figura 5.16 mostra os resultados da variável “densidade populacional”, verificando-se que a maioria dos quarteirões (1138 correspondentes a 64 % do total) tem entre 5000 a 50000 habitantes por quilómetro quadrado, enquanto existem 526 quarteirões com densidade populacional mais elevada (acima de 50000 habitantes/km<sup>2</sup>) representando 29,6 % do total. Os quarteirões com densidade populacional entre 500 e 5000 pessoas por km<sup>2</sup> são 106, correspondentes a 6 % do total e os quarteirões de menor densidade populacional (menos de 500 habitantes/km<sup>2</sup>) são em número muito reduzido (9), correspondendo a 0,5 % do total.

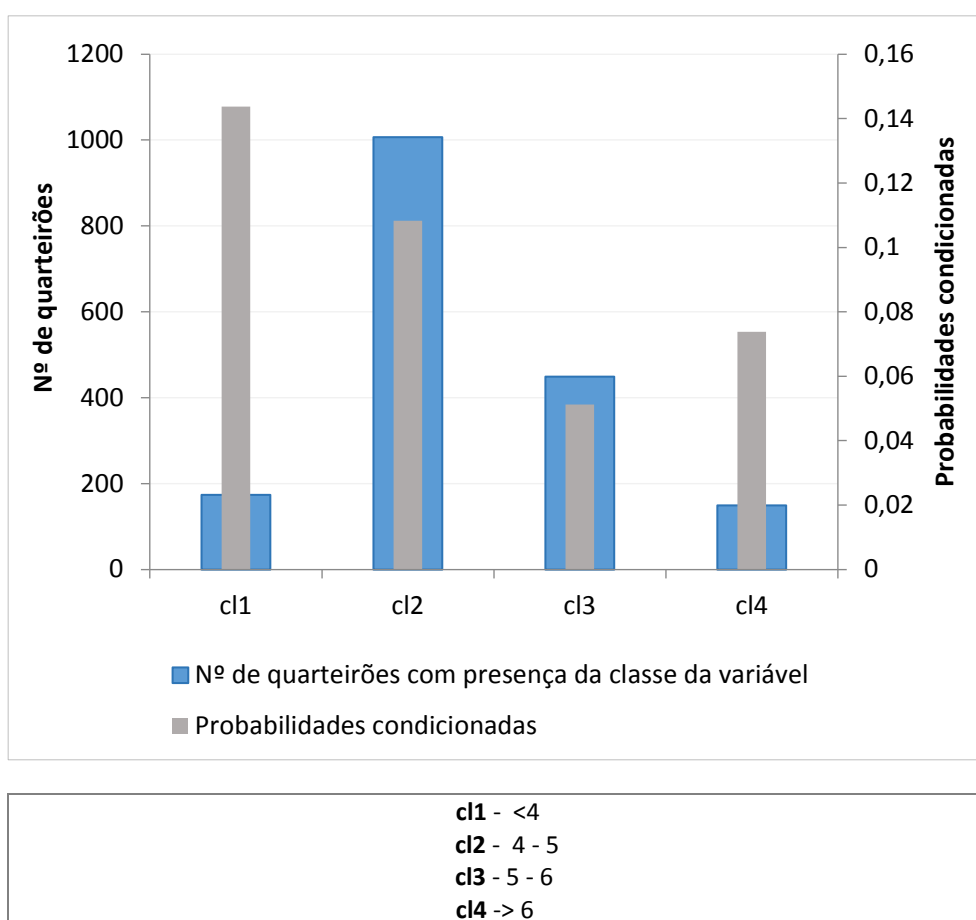
Considerando as probabilidades condicionadas da variável “densidade populacional”, verifica-se que a classe 2 (quarteirões com 500 a 5000 pessoas por km<sup>2</sup>) é que apresenta maior importância relativa na distribuição dos incêndios pelo espaço estudado. No entanto, esta classe está presente em número reduzido de unidades geográficas, facto que influencia bastante o resultado observado na probabilidade condicionada.



**Figura 5.16 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “densidade populacional”.**

A figura 5.17 apresenta os resultados da variável “número de habitantes por casa”, verificando-se que a maioria dos quarteirões (1007, correspondentes a 56,6 % do total) tem agregados familiares com 4 a 5 pessoas, enquanto os quarteirões com agregados familiares com 5 a 6 pessoas ocupam a segunda posição, com 449 unidades, equivalentes a 25,2 % do total. Os quarteirões com menor número de pessoas por casa (menos de 4 habitantes) são 174 e representam 9,8 % do total e os quarteirões com agregados de maior dimensão (mais de 6 pessoas) são em número relativamente reduzido (149), correspondentes a 8,4 % do total.

Considerando as probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por casa”, verifica-se que a classe 1 (quarteirões com menos de 4 pessoas) é a que apresenta maior importância relativa na distribuição dos incêndios pelo espaço municipal. No entanto, esta classe está presente em número reduzido de unidades geográficas, pelo que o resultado observado na probabilidade condicionada pode estar influenciado por esse facto. Constata-se ainda que a classe com maior presença territorial figura em segunda posição com probabilidades condicionadas mais elevadas.



**Figura 5.17 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por casa”.**



### 5.3.2 Determinação dos Valores Informativos

O Valor Informativo (Tabela 5.3) para cada classe dos fatores condicionantes dos incêndios urbanos foi calculado com base nos resultados das probabilidades *a priori* e condicionadas (Tabelas 5.1 e 5.2).

Assente na transformação logarítmica da razão entre as probabilidades condicionadas e a probabilidade *a priori*, o Valor Informativo é um método simplificado da teoria da probabilidade Bayesiana bivariada e relaciona quantitativamente os incêndios urbanos (variável dependente) e as diferentes classes dos fatores de predisposição considerados (variáveis independentes) (Marques, 2013). No entanto, o mesmo autor observa que apesar de ter uma base probabilística Bayesiana, os resultados finais do Valor Informativo exprimem uma ponderação relativa do posicionamento da variável ou da unidade do terreno estudado e não uma probabilidade (0 a 1).

Os valores informativos negativos exprimem a insignificância da classe da variável para a ocorrência de incêndios urbanos e um contributo para a redução da suscetibilidade. Os valores informativos positivos traduzem uma relação direta entre a classe da variável e a ocorrência de incêndios na área estudada, tanto mais elevada quanto maior o *score*, contribuindo para o incremento da suscetibilidade a incêndios.

Os resultados obtidos com a determinação dos Valores Informativos das classes das variáveis consideradas permitem definir as condições ideais para a recorrência de incêndios nos quarteirões dos bairros de Maputo e, por isso, geradoras de maior suscetibilidade. As condições ideais são as seguintes:

Quarteirões com dimensão acima de 10 hectares, com mais de 200 edifícios, com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços. Os quarteirões devem ter uma população superior a 1000 habitantes, uma densidade populacional entre 500 e 5000 hab/km<sup>2</sup> e menos de 4 residentes por casa. Adicionalmente, os incêndios são favorecidos pela existência de pequenas oficinas ou

outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho, bem como pela existência de problemas em instalações elétricas tais como equipamentos sem isolamento, potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente.

**Tabela 5.3 – Valores Informativos obtidos para as classes dos fatores condicionantes a incêndios urbanos na área de estudo – Modelo de Suscetibilidade 1. A negrito estão assinalados os valores informativos mais significativos.**

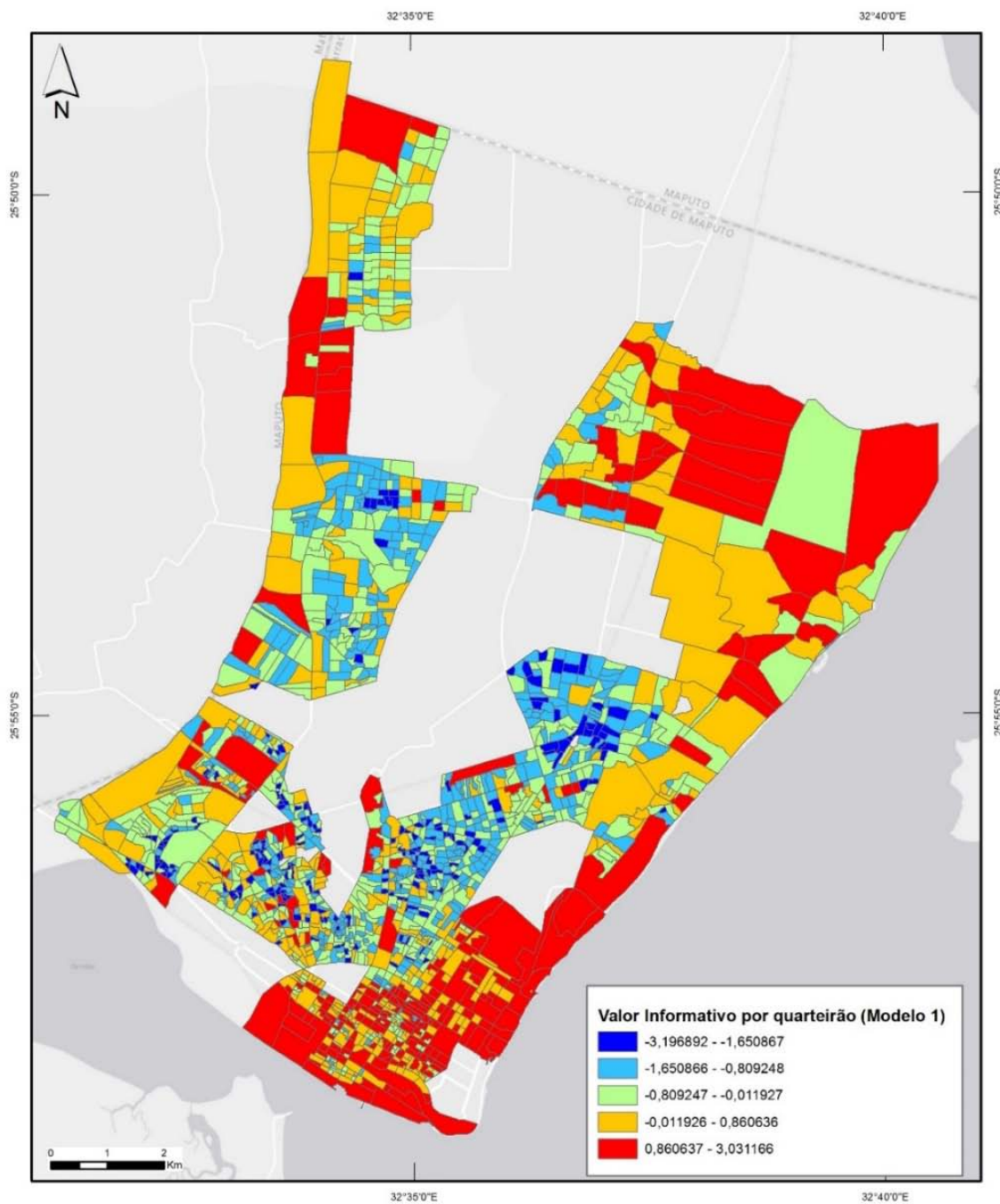
Variáveis	Classes das variáveis	Valor Informativo (VI)
Dimensão do quarteirão (ha)	cl1	-0,726
	cl2	0,088
	cl3	0,428
	cl4	<b>0,856</b>
Tipologia da edificação predominante	cl1	<b>0,787</b>
	cl2	0,079
	cl3	-0,673
	cl4	-0,313
Número de casas por quarteirão	cl1	-0,531
	cl2	-0,251
	cl3	0,041
	cl4	<b>0,460</b>
Existência de instalações técnicas	cl1	-0,623
	cl2	<b>0,279</b>
	cl3	-0,138
Qualidade de instalações elétricas	cl1	-0,188
	cl2	-0,096
	cl3	<b>0,341</b>
Nº de habitantes por quarteirão	cl1	-0,068
	cl2	-0,169
	cl3	0,005
	cl4	<b>0,450</b>
Densidade Populacional (hab/km2)	cl1	0,163
	cl2	<b>0,587</b>
	cl3	0,085
	cl4	-0,440
Número de habitantes por casa	cl1	<b>0,420</b>
	cl2	0,136
	cl3	-0,612
	cl4	-0,246

### **5.3.3 Representação cartográfica da suscetibilidade a incêndios com os Valores Informativos e agregação dos resultados ao nível do Bairro**

A suscetibilidade dos quarteirões aos incêndios foi determinada pela adição dos valores informativos das classes de cada variável presentes em cada unidade territorial, com recurso à ferramenta ArcGIS 10.2. Os resultados obtidos foram divididos em 5 classes, com base nas quebras naturais da distribuição, e foi atribuída coloração gradativa aos níveis de suscetibilidade: Vermelho (Muito elevada), Laranja (Elevada), Verde (Moderada), Azul-claro (Baixa) e Azul-escuro (Muito baixa).

O mapa do Modelo de Suscetibilidade 1 (Figura 5.18) mostra que a distribuição da suscetibilidade a nível do Município de Maputo não é uniforme, existindo áreas mais suscetíveis que outras, facto explicado pela heterogeneidade existente entre os espaços geográficos que constituem a área de estudo, pela presença diferenciada dos fatores condicionantes e pelo histórico de recorrência de casos de incêndios.

A tabela 5.4 sistematiza a contabilidade dos quarteirões pelas classes de suscetibilidade. A suscetibilidade mais elevada está presente em 215 quarteirões correspondentes a 12,2 % do total. Adicionalmente, 376 quarteirões equivalentes a 21,0 % do total apresentam suscetibilidade alta e a maioria dos quarteirões (532), correspondente a 29,9 % do total, tem suscetibilidade moderada. A suscetibilidade baixa incide sobre 448 quarteirões, representando 25,2 % do total e a suscetibilidade muito baixa está presente em 208 quarteirões, equivalentes a 11,7 % do total.



**Figura 5.18 – Níveis de suscetibilidade na área de estudo (Modelo 1 com todos os quarteirões com histórico de recorrência).**

**Tabela 5.4 – Quarteirões por nível de suscetibilidade: Modelo 1.**

<b>MODELO 1</b>		
<b>Níveis de suscetibilidade</b>	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>(%)</b>
Muito elevada	215	12,2
Elevada	376	21,0
Moderada	532	29,9
Baixa	448	25,2
Muito baixa	208	11,7
<b>Total</b>	<b>1779</b>	<b>100,0</b>

A tabela 5.5 ilustra os resultados da suscetibilidade agregados ao nível do bairro, tomando em consideração a distribuição percentual dos quarteirões pelas cinco classes de suscetibilidade consideradas, confirmando-se a distribuição contrastada da suscetibilidade aos incêndios no território estudado.

Como ressalta da observação dos dados da tabela 5.5, não é fácil definir, do ponto de vista qualitativo, uma hierarquia dos bairros de Maputo no que respeita à suscetibilidade aos incêndios urbanos. Deste modo, com o objetivo de definir uma hierarquia dos bairros, de modo objetivo e reprodutível, propõe-se a introdução de um Índice de Hierarquização (IH), quantificado a partir dos valores transcritos na tabela 5.5:

$$IH = (CI5*3 + CI4*2 + CI3 * 1) - (CI2 *1 + CI1 * 2)$$

Onde *CI1*, *CI2*, *CI3*, *CI4*, *CI5* correspondem, respetivamente, às classes de suscetibilidade muito baixa, baixa, moderada, elevada e muito elevada.

Este índice coloca em posição antagónica as classes de suscetibilidade muito elevada, elevada e moderada das restantes e valoriza, pelas ponderações atribuídas, as classes de posição extrema (muito elevada, elevada e muito baixa). Refira-se que este índice é utilizado exclusivamente para hierarquizar os bairros, não sendo conferido qualquer outro significado aos resultados obtidos.

Os Índices de Hierarquização obtidos para os bairros de Maputo, considerando o Modelo de Suscetibilidade 1, estão sistematizados na tabela 5.6.

De acordo com os resultados obtidos, os bairros mais suscetíveis a incêndios são: Sommershield, Polana Cimento B, Alto Maé B, Central A, Central B, Coop, Costa do Sol, Mahotas, Central C, Chamanculo A, Malhangalene A, Malhazine e Zimpeto com *IH* superior a 100. Seguem-se os bairros Chamanculo B, Polana Caniço B, Jardim, Chamanculo C e Urbanização com *IH* entre 50 e 100, enquanto os bairros Inhagoia B, 25 de Junho A, Malhangalene B, Bagamoio, 25 de Junho B, Xipamanine, Mafalala e Luís Cabral têm um *IH* entre 1 e 50. Finalmente, na parte inferior da tabela encontram-se os bairros FPLM, Maxaquene C, Mikadjuine, George Dimitrov, Maxaquene A, Aeroporto B, Chamanculo D, Maxaquene D, Ferroviário e Maxaquene B com valores de *IH* negativos, afigurando-se como relativamente mais seguros no que respeita aos incêndios urbanos.

**Tabela 5.5 – Suscetibilidade aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de suscetibilidade – Modelo 1.**

<b>Bairros</b>	<b>Classes de Suscetibilidade</b>				
	<b>CI1 (Muito Baixa)</b>	<b>CI2 (Baixa)</b>	<b>CI3 (Moderada)</b>	<b>CI4 (Elevada)</b>	<b>CI5 (Muito elevada)</b>
25 de Junho A	4,5	36,4	40,9	13,6	4,5
25 de Junho B	4,3	41,3	39,1	15,2	0,0
Aeroporto B	34,1	22,7	36,4	6,8	0,0
Alto Maé B	0,0	2,2	15,6	48,9	33,3
Bagamoio	3,8	46,2	26,9	19,2	3,8
Central A	0,0	6,4	17,0	31,9	44,7
Central B	0,0	3,2	35,5	35,5	25,8
Central C	0,0	15,5	23,8	33,3	27,4
Chamanculo A	3,7	3,7	29,6	51,9	11,1
Chamanculo B	13,0	17,4	30,4	34,8	4,3
Chamanculo C	13,3	17,8	31,1	33,3	4,4
Chamanculo D	35,0	35,0	15,0	7,5	7,5
Coop	0,0	9,7	22,6	38,7	29,0
Costa do Sol	0,0	4,9	39,0	31,7	24,4
Ferroviário	25,7	45,7	24,8	3,8	0,0
FPLM	4,2	54,2	29,2	8,3	4,2
George Dimitrov	10,1	53,2	29,1	7,6	0,0
Inhagoia B	12,1	30,3	30,3	21,2	6,1
Jardim	11,1	27,8	16,7	33,3	11,1
Luís Cabral	27,0	13,5	44,9	13,5	1,1
Mafalala	10,3	36,2	41,4	12,1	0,0
Mahotas	0,0	15,2	24,2	33,3	27,3
Malhangalene A	0,0	26,9	19,2	19,2	34,6
Malhangalene B	13,5	26,9	40,4	17,3	1,9
Malhazine	0,0	18,8	31,3	37,5	12,5
Maxaquene A	26,6	34,4	23,4	14,1	1,6
Maxaquene B	31,2	44,2	20,8	3,9	0,0
Maxaquene C	7,1	54,8	31,0	7,1	0,0
Maxaquene D	17,5	52,5	30,0	0,0	0,0
Mikadjuine	25,9	33,3	22,2	18,5	0,0
Polana Caniço B	5,7	21,8	48,3	18,4	5,7
Polana Cimento B	0,0	6,4	17,0	27,7	48,9
Sommersshield	0,0	0,0	2,0	40,8	57,1
Urbanização	10,7	21,4	42,9	17,9	7,1
Xipamanine	29,3	17,2	24,1	20,7	8,6
Zimpeto	1,1	11,8	48,4	30,1	8,6

**Tabela 5.6 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização da suscetibilidade a incêndios urbanos – Modelo 1.**

<b>Bairros</b>	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>IH</b>
Sommershiel	49	255,1
Polana Cimento B	47	212,8
Alto Maé B	45	211,1
Central A	47	208,5
Central B	62	180,6
Coop	31	177,4
Costa do Sol	41	170,7
Mahotas	66	157,6
Central C	84	157,1
Chamanculo A	27	155,6
Malhangalene A	26	134,6
Malhazine	16	125,0
Zimpeto	93	120,4
Chamanculo B	23	69,6
Polana Caniço B	87	69,0
Jardim	36	66,7
Chamanculo C	45	66,7
Urbanização	28	57,1
Inhagoia B	33	36,4
25 de Junho A	22	36,4
Malhangalene B	52	26,9
Bagamoio	26	23,1
25 de Junho B	46	19,6
Xipamanine	58	15,5
Mafalala	58	8,6
Luís Cabral	89	7,9
FPLM	24	-4,2
Maxaquene C	42	-23,8
Mikadjuine	27	-25,9
George Dimitrov	79	-29,1
Maxaquene A	64	-31,3
Aeroporto B	44	-40,9
Chamanculo D	40	-52,5
Maxaquene D	40	-57,5
Ferroviário	105	-64,8
Maxaquene B	77	-77,9
<b>Total</b>	<b>1779</b>	

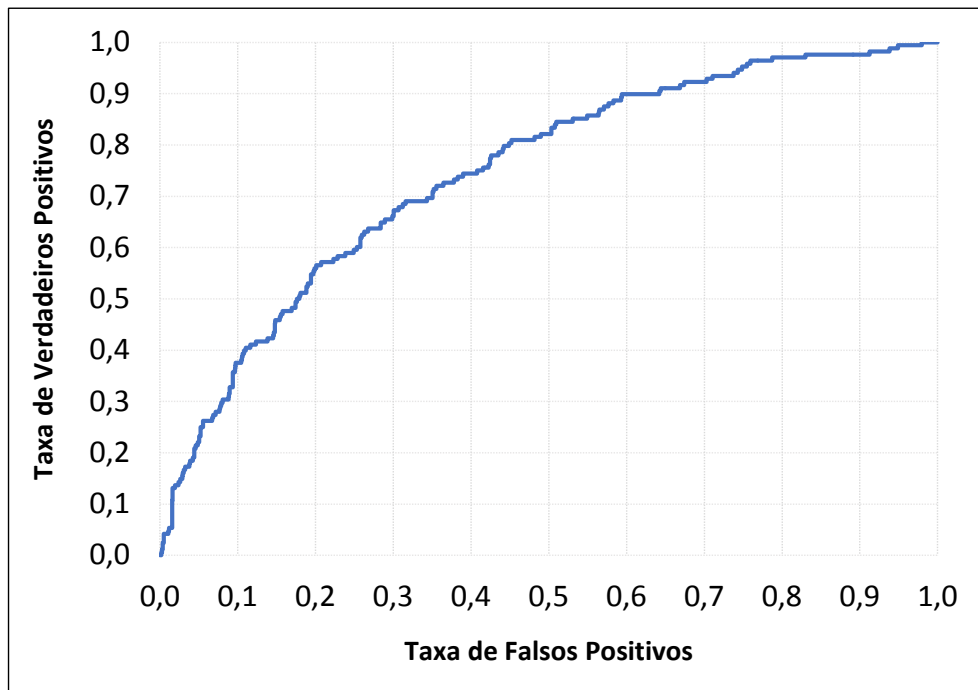


#### **5.3.4 Validação dos resultados: Curva ROC de sucesso**

A validação dos resultados do Modelo de Suscetibilidade 1 foi feita com recurso a uma curva ROC de sucesso, confrontando o mapa de suscetibilidade final com os dados do histórico de recorrência de incêndios que lhe deu origem. Esta solução foi inevitável, uma vez que foi utilizado todo o universo de quarteirões com recorrência de incêndios na construção do modelo de suscetibilidade. Com este procedimento é possível verificar o ajuste recíproco entre o modelo e os dados originais (Zêzere, 2010; Oliveira, 2012).

O exercício da validação dos resultados resultou numa curva ROC de sucesso (Figura 5.19) com uma Área Abaixo da Curva (AAC) de 0,75, o que revela uma robustez aceitável do Modelo de Suscetibilidade 1, considerando que a avaliação da capacidade preditiva dos modelos de suscetibilidade varia entre 0 e 1, sendo bons os que se situam mais próximo de 1 e maus os que têm valores iguais ou inferiores a 0,5 (Zêzere, 2010; Oliveira, 2012).

Tomando, por exemplo, como valor de corte os 50 % da taxa de verdadeiros positivos, verifica-se que para atingir este nível de validação é necessário considerar 17,6 % dos falsos positivos. Estes resultados confirmam que alguns quarteirões com fraco histórico de incêndios preocupam igualmente tanto quanto os que têm um histórico de recorrência, pois apresentam características semelhantes no que respeita aos fatores condicionantes considerados.

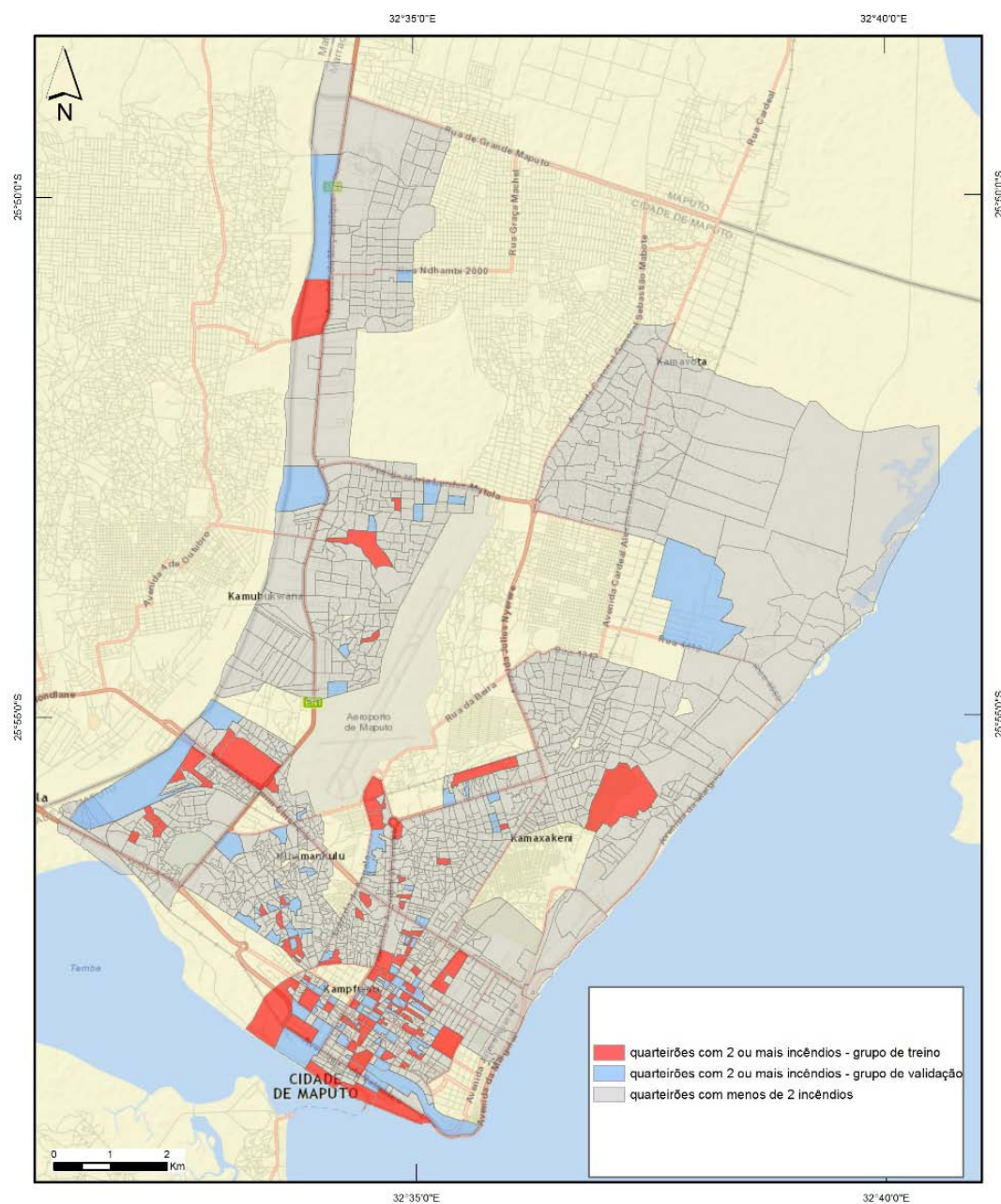


**Figura 5.19 – Curva ROC de sucesso do Modelo de Suscetibilidade 1 construído com o Valor Informativo.**

#### **5.4 Modelo de Suscetibilidade 2: Valor Informativo com Grupo de Modelação**

O Modelo de Suscetibilidade 1 não permite uma validação cabal através de uma Curva ROC de predição, uma vez que foi construído com a totalidade dos quarteirões que registam recorrência de incêndios urbanos. Por essa razão, decidiu-se realizar um segundo modelo de suscetibilidade (Modelo de Suscetibilidade 2), utilizando metade dos quarteirões com histórico de recorrência de casos de incêndio (grupo de modelação ou de treino) para determinar novos Valores Informativos para as classes dos fatores condicionantes considerados, reservando a outra metade (grupo de validação) para a aferição do modelo gerado, através de uma Curva ROC de predição. Com este procedimento pretendeu-se verificar a degradação da capacidade preditiva do modelo de suscetibilidade quando sujeito a um processo mais exigente de validação independente, ao mesmo tempo que se avalia a estabilidade das classes das variáveis consideradas enquanto indicadores de suscetibilidade à ocorrência de

incêndios nas zonas urbanas de Maputo. A figura 5.20 ilustra a seleção dos quarteirões para cada conjunto feita através da partição aleatória com o ArcGIS 10.2.



**Figura 5.20 – Representação de quarteirões utilizados na modelação e na validação do Modelo de Suscetibilidade 2.**

O procedimento metodológico que conduziu à construção do Modelo de Suscetibilidade 2 replica o desenvolvido para o Modelo de Suscetibilidade 1, com a diferença do inventário de quarteirões arditos utilizado. Por esta razão, é dispensada a descrição exaustiva da aplicação do método (que seria repetitiva da secção 5.3), focalizando-se a atenção no contraste dos resultados com os obtidos com o Modelo de Suscetibilidade 1.

#### 5.4.1 Determinação de Probabilidades *a priori* e Condicionadas

A tabela 5.7 apresenta os resultados da probabilidade *a priori* de ocorrência de incêndios do Município de Maputo, considerando apenas metade dos quarteirões com recorrência de casos (grupo de modelação). Por seu turno, a tabela 5.8 mostra as probabilidades condicionadas obtidas para as classes dos fatores de predisposição considerando o mesmo grupo de modelação.

**Tabela 5.7 – Probabilidade *a priori* de ocorrência de incêndios nos quarteirões do Município de Maputo considerando metade dos quarteirões com recorrência de casos (Grupo de modelação).**

Tipo de perigo	Nº total de quarteirões	Nº total de quarteirões com recorrência de incêndios	Probabilidade <i>a priori</i>
Incêndios urbanos	1695	84	0,050

**Tabela 5.8 – Probabilidades condicionadas obtidas para as classes dos fatores de predisposição considerando metade dos quarteirões com histórico de recorrência de incêndios (Grupo de modelação). Os valores a negrito destacam as classes que explicam melhor a distribuição espacial dos incêndios.**

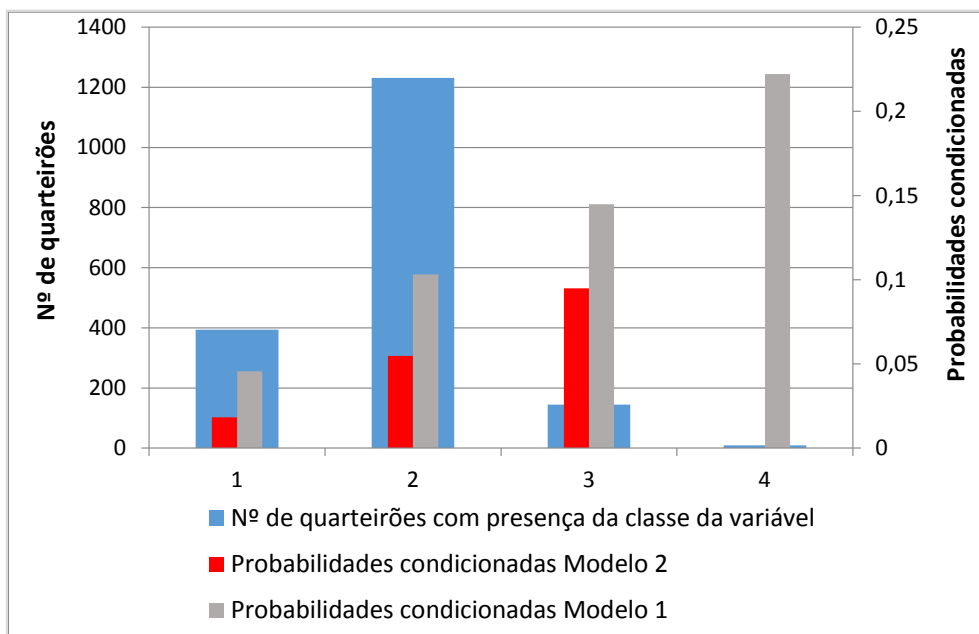
Variáveis	Classes das das variáveis	Nº de quarteirões com presença da classe da variável	Nº de quarteirões com recorrência de incêndios	Probabilidade condicionada
Dimensão do quarteirão (ha)	cl1	383	7	0,018
	cl2	1168	64	0,055
	cl3	137	13	<b>0,095</b>
	cl4	7	0	0,018
Tipologia da edificação predominante	cl1	360	43	<b>0,119</b>
	cl2	128	5	0,039
	cl3	689	17	0,025
	cl4	518	19	0,037
Número de casas por quarteirão	cl1	53	2	0,038
	cl2	430	14	0,033
	cl3	1090	54	0,050
	cl4	122	14	<b>0,115</b>
Existência de instalações técnicas	cl1	78	3	0,038
	cl2	533	35	<b>0,066</b>
	cl3	1084	46	0,042
Qualidade de instalações elétricas	cl1	612	23	0,038
	cl2	682	32	0,047
	cl3	401	29	<b>0,072</b>
Nº de habitantes por quarteirão	cl1	33	2	0,061
	cl2	492	19	0,039
	cl3	1040	48	0,046
	cl4	130	15	<b>0,115</b>
Densidade Populacional (hab/km2)	cl1	8	0	0,018
	cl2	99	11	<b>0,111</b>
	cl3	1082	61	0,056
	cl4	506	12	0,024
Número de habitantes por casa	cl1	159	10	0,063
	cl2	959	61	<b>0,064</b>
	cl3	436	10	0,023
	cl4	141	3	0,021

Como seria de esperar, uma vez que foram retirados da análise metade dos quarteirões com recorrência de incêndios, as probabilidades *a priori* e condicionadas do Modelo de Suscetibilidade 2 são sistematicamente mais baixas do que as observadas no Modelo de Suscetibilidade 1. Assim, a aferição da estabilidade das classes das variáveis consideradas como indicadores de suscetibilidade à ocorrência de

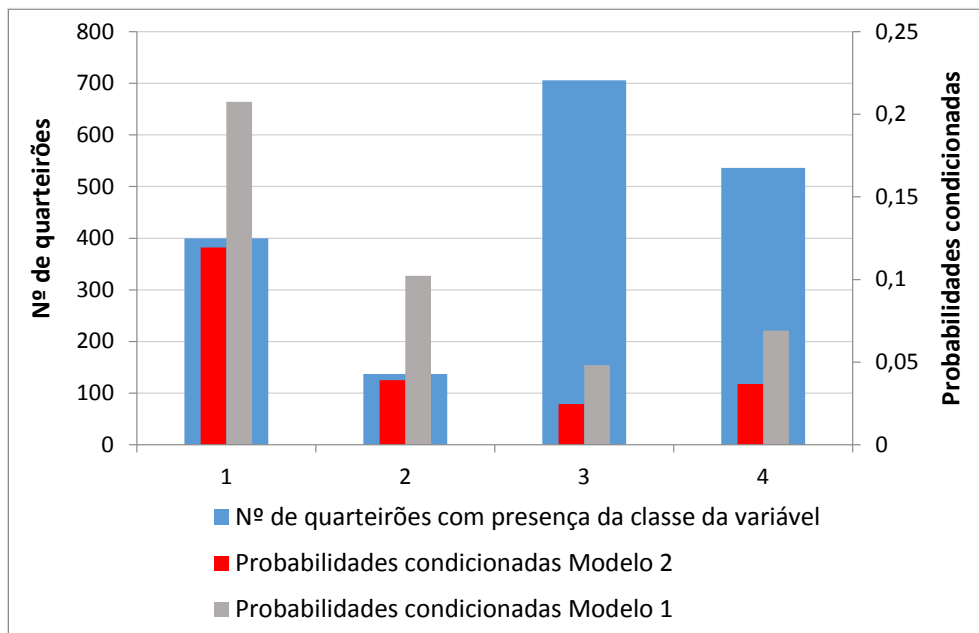
incêndios não pode ser efetuada por comparação dos valores absolutos das probabilidades condicionadas dos dois modelos de suscetibilidade, mas apenas em termos relativos, ao nível das tendências da variação entre classes. As figuras 5.21 a 5.28 ilustram as probabilidades condicionadas obtidas com o Modelo de Suscetibilidade 2 para as classes dos 8 fatores condicionantes dos incêndios urbanos no Município de Maputo. Para facilitar as comparações, as referidas figuras incluem também as probabilidades condicionadas correspondentes ao Modelo de Suscetibilidade 1.

Considerando as probabilidades condicionadas da variável “dimensão do quarteirão” (Figura 5.21), verifica-se que os dois modelos assumem uma distribuição proporcional pelas classes 1, 2 e 3, sendo que a grande diferença regista-se na classe 4, que apresenta uma probabilidade condicionada nula no Modelo 2, muito abaixo do valor correspondente ao Modelo 1. Esta diferença explica-se pelo número muito reduzido de quarteirões com dimensão acima de 100 hectares (apenas 9, no total) dos quais apenas 2 têm histórico de recorrência de incêndios, sendo que nenhum deles foi integrado no grupo de modelação, no processo de seleção aleatória utilizado na construção do Modelo 2.

Os resultados da variável “tipologia da edificação predominante” estão representados na figura 5.22, observando-se semelhança em todas as classes da variável. Com efeito, os dois modelos destacam a classe 1 (quarteirões com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços) como a que melhor se relaciona espacialmente com a recorrência de incêndios. Nas posições seguintes, em termos de associação territorial com os incêndios encontram-se, em ambos os modelos, as classes 2 (predomínio de casas de alvenaria até 1 piso para habitação e pequenas atividades comerciais), 4 (predomínio de casas prefabricadas ou de madeira e zinco destinadas a habitação e barracas de restauração informal) e 3 (predomínio de pequenas construções de alvenaria de rés-do-chão destinadas a habitação e barracas de restauração).

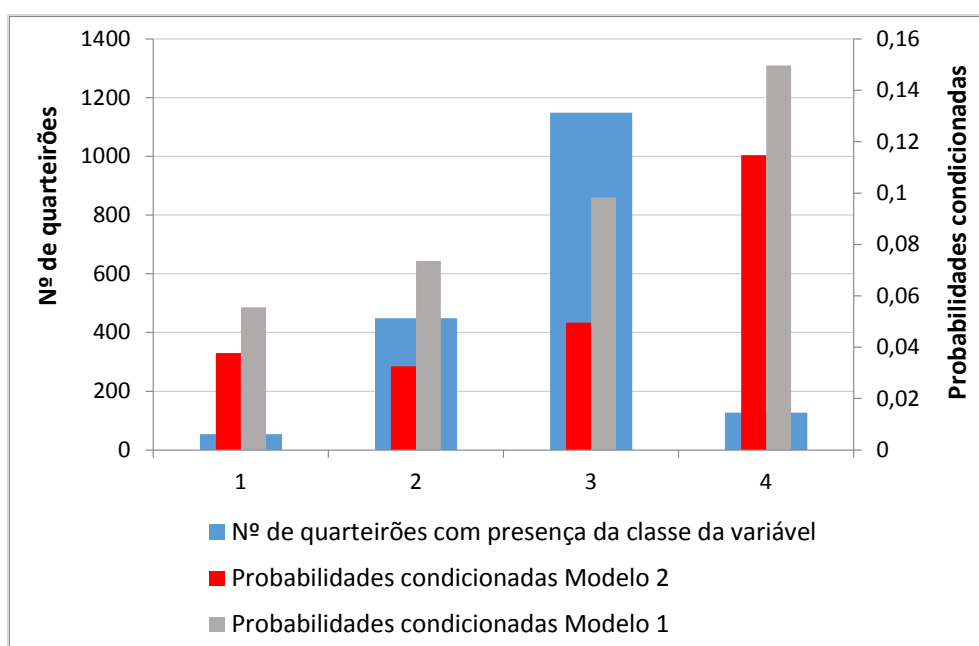


**Figura 5.21 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “dimensão do bairro”. Ver figura 5.10 para decodificação das classes.**



**Figura 5.22 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “tipologia da edificação predominante”. Ver figura 5.11 para decodificação das classes.**

A figura 5.23 ilustra os resultados da variável “número de casas por quarteirão”, mostrando a manutenção da tendência para que as probabilidades condicionadas incrementem com o aumento do número de casas por quarteirão. A única exceção nos resultados do Modelo 2 diz respeito à classe 1 (menos de 50 casas), que tem um valor ligeiramente superior ao verificado para a classe 2 (entre 50 e 100 casas), ao contrário do apurado nos resultados do Modelo 1.



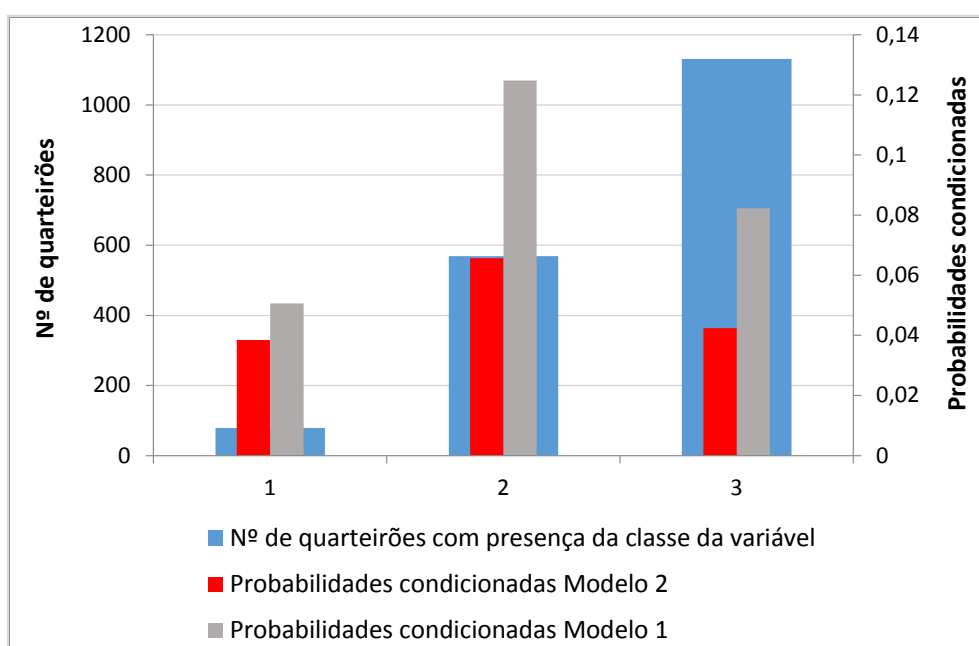
**Figura 5.23 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de casas por quarteirão”. Ver figura 5.12 para decodificação das classes.**

As probabilidades condicionadas da variável “presença de instalações técnicas” estão ilustradas na figura 5.24, constatando-se que os dois modelos realçam a mesma hierarquia na relação espacial das classes com a distribuição espacial dos incêndios,

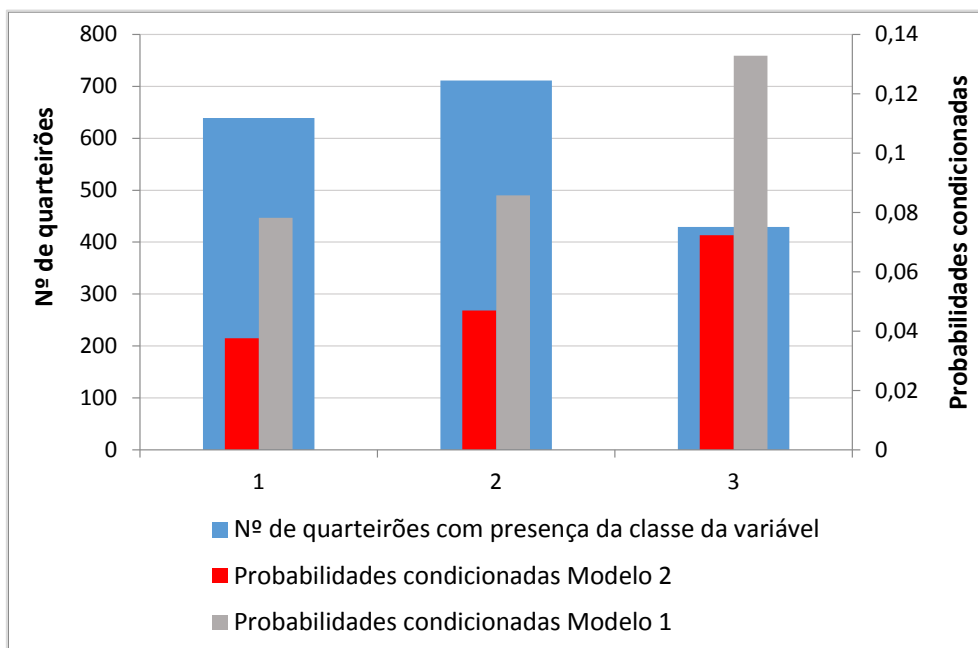


com destaque para a classe 2 (áreas com pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como uma das ferramentas de trabalho).

A figura 5.25 mostra os resultados da variável “qualidade das instalações elétricas” e permite constatar, a exemplo do verificado no caso anterior, que ambos os modelos de suscetibilidade apresentam a mesma hierarquia na relação espacial das classes com a distribuição espacial dos incêndios. A classe 2 destaca-se das restantes em qualquer dos modelos, evidenciando a importância que os problemas graves de isolamento, imprevistos e desvios de corrente têm nos incêndios urbanos nos quarteirões dos bairros de Maputo.

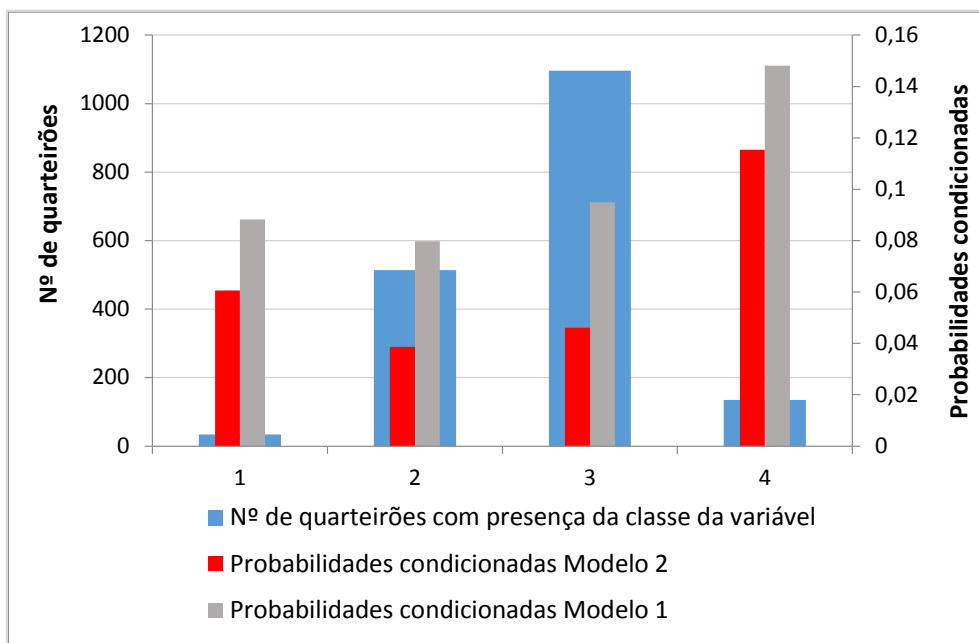


**Figura 5.24 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “existência de instalações técnicas”. Ver figura 5.13 para descodificação das classes.**



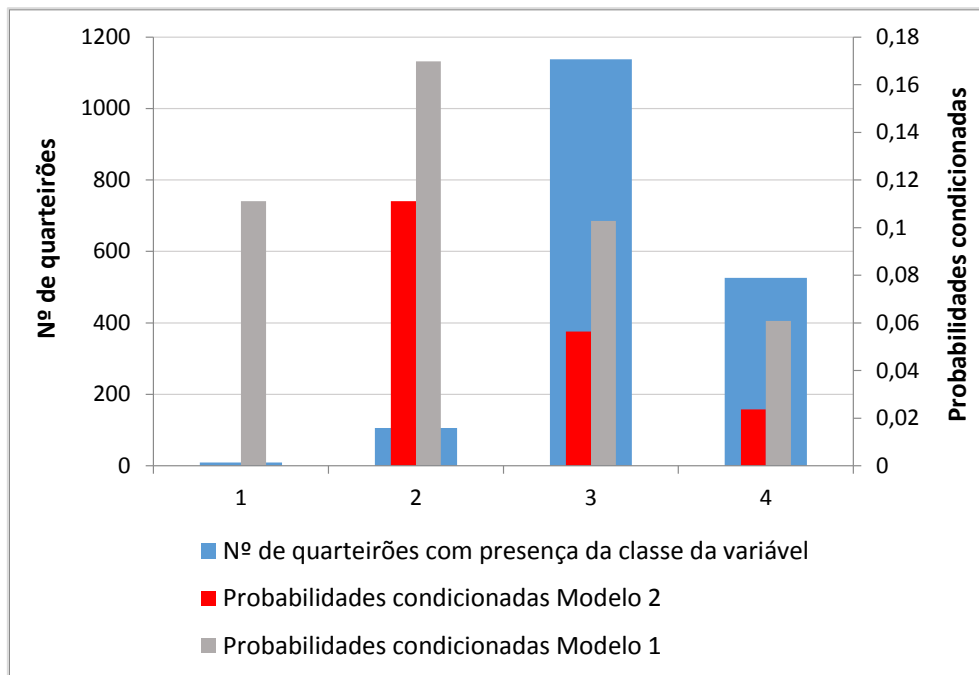
**Figura 5.25 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “qualidade de instalações elétricas”. Ver figura 5.14 para decodificação das classes.**

As probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por bairro” estão representadas na figura 5.26, sendo evidente uma distribuição idêntica dos resultados obtidos com os modelos de suscetibilidade 2 e 1. A classe 4 (mais de 1000 pessoas) é a que apresenta maior importância relativa na distribuição dos incêndios na área estudada, em ambos os modelos, enquanto a classe 2 (200 a 500 pessoas) é a que apresenta menor importância. Adicionalmente, registre-se que a importância relativa evidenciada pela classe 1 (menos de 200 pessoas) no Modelo de Suscetibilidade 1 (com probabilidade condicionada superior à da classe 2) acentua-se no Modelo de Suscetibilidade 2, colocando-a no segundo lugar da hierarquia desta variável.



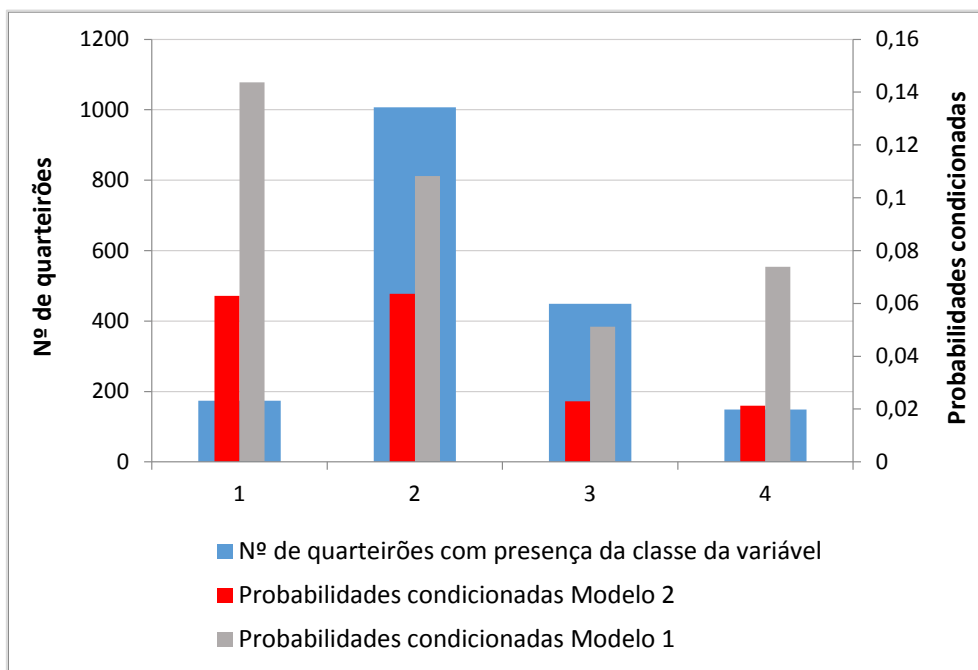
**Figura 5.26 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por bairro”. Ver figura 5.15 para decodificação das classes.**

A figura 5.27 mostra os resultados da variável “densidade populacional”, verificando-se que os modelos voltam a coincidir na previsão da classe com maior importância relativa na distribuição dos incêndios pelos bairros de Maputo. Com efeito, os dois modelos apresentam probabilidades condicionadas mais elevadas na classe 2 (bairros com 500 a 5000 pessoas por km<sup>2</sup>), sendo que estas decrescem de forma sistemática para as classes 3 e 4. A diferença verifica-se na classe 1, que apresenta probabilidade condicionada nula no Modelo de Suscetibilidade 2, quando ocupava o segundo lugar na hierarquia no Modelo de Suscetibilidade 1. Como no caso da variável “dimensão do bairro”, esta diferença fica a dever-se ao escasso número de bairros com densidade populacional inferior a 500 hab/km<sup>2</sup> (apenas 9, no total), sendo que o único bairro que regista recorrência de incêndios não integra o grupo de modelação no Modelo de Suscetibilidade 2.



**Figura 5.27 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “densidade populacional”. Ver figura 5.16 para decodificação das classes.**

As probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por casa” estão ilustradas na figura 5.28, sendo evidente que o Modelo de Suscetibilidade 2 separa claramente as classes 1 e 2 das classes 3 e 4, algo que não era tão marcado no Modelo de Suscetibilidade 1. As duas primeiras classes apresentam a melhor relação espacial com a distribuição dos incêndios urbanos, destacando-se a classe 2 (ao contrário do Modelo de Suscetibilidade 1) como a que apresenta probabilidade condicionada mais elevada.



**Figura 5.28 – Representação das probabilidades condicionadas da variável “número de habitantes por casa”. Ver figura 5.17 para decodificação das classes.**

#### **5.4.2 Determinação dos Valores Informativos**

Os Valores Informativos das classes das variáveis consideradas, determinados com o Modelo de Suscetibilidade 2, estão sistematizados na tabela 5.9, sendo possível verificar que estes são bastante idênticos aos obtidos com o Modelo de Suscetibilidade 1, o que era expectável atendendo à similitude das probabilidades condicionadas, destacada na secção anterior. Assim, os dois modelos de suscetibilidade são bastante coincidentes na definição das condições ideais para a recorrência de incêndios nos quarteirões dos bairros de Maputo, o que indicia uma estabilidade assinalável das variáveis consideradas enquanto indicadores de suscetibilidade à ocorrência de incêndios.

**Tabela 5.9 – Valores Informativos obtidos para as classes dos fatores de predisposição a incêndios urbanos na área de estudo – Modelo de Suscetibilidade 2. A negrito estão assinalados os valores informativos mais significativos.**

Variáveis	Classes das variáveis	Valor Informativo (VI)
Dimensão do quarteirão (ha)	cl1	-0,998
	cl2	0,100
	cl3	<b>0,650</b>
	cl4	-1,000
Tipologia da edificação predominante	cl1	<b>0,880</b>
	cl2	-0,238
	cl3	-0,697
	cl4	-0,301
Número de casas por quarteirão	cl1	-0,273
	cl2	-0,420
	cl3	-0,002
	cl4	<b>0,840</b>
Existência de instalações técnicas	cl1	-0,253
	cl2	<b>0,281</b>
	cl3	-0,155
Qualidade de instalações elétricas	cl1	-0,277
	cl2	-0,055
	cl3	<b>0,378</b>
Nº de habitantes por quarteirão	cl1	0,201
	cl2	-0,249
	cl3	-0,071
	cl4	<b>0,845</b>
Densidade Populacional (hab/km <sup>2</sup> )	cl1	-1,000
	cl2	<b>0,807</b>
	cl3	0,129
	cl4	-0,737
Número de habitantes por casa	cl1	0,238
	cl2	<b>0,250</b>
	cl3	-0,770
	cl4	-0,846

São as seguintes as condições mais propícias aos incêndios urbanos nas quais os dois modelos coincidem: quarteirões com dimensão de pelo menos 10 hectares, com mais de 200 edifícios, com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços. Os quarteirões devem ter uma população superior a 1000 habitantes e uma densidade populacional entre 500 e 5000 hab/km<sup>2</sup>. Por último, os incêndios são favorecidos pela existência de pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho, bem como pela existência de problemas em instalações elétricas tais como equipamentos sem isolamento, potência

consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente. Excepcionalmente, não há coincidência no número de habitantes por casa, onde o Modelo 2 define quarteirões com agregados familiares com 4 a 5 pessoas por casa, enquanto o Modelo 1 define quarteirões com menos de 4 pessoas por casa. Trata-se de uma diferença menor, que não coloca em questão a grande similaridade existente entre os dois modelos de suscetibilidade.

#### **5.4.3 Representação cartográfica da suscetibilidade a incêndios com os Valores Informativos e agregação dos resultados ao nível do Bairro**

A representação cartográfica da suscetibilidade a incêndios foi efetuada através do ArcGIS 10.2, utilizando-se os valores informativos das classes obtidos com o grupo de modelação. Para facilitar a comparação com o Modelo de Suscetibilidade 1, foram definidas para o Modelo de Suscetibilidade 2 as mesmas 5 classes de suscetibilidade, a partir das quebras naturais da distribuição. O mapa de suscetibilidade representado na figura 5.29 recorre à mesma combinação cromática para representar os níveis de suscetibilidade: Vermelho (Muito elevada), Laranja (Elevada), Verde (Moderada), Azul-claro (Baixa) e Azul-escuro (Muito baixa).

A tabela 5.10 contabiliza os quarteirões pelo nível de suscetibilidade, permitindo constatar que 218 quarteirões, correspondentes a 12,3 % do total, têm suscetibilidade muito elevada, enquanto 421 quarteirões (23,7 % do total) apresentam suscetibilidade elevada. A maioria dos quarteirões (482; 27,1 % do total) tem suscetibilidade baixa, enquanto a suscetibilidade moderada está presente em 404 quarteirões (22,7 % do total). A suscetibilidade muito baixa incide sobre 14,2 % dos quarteirões (254).

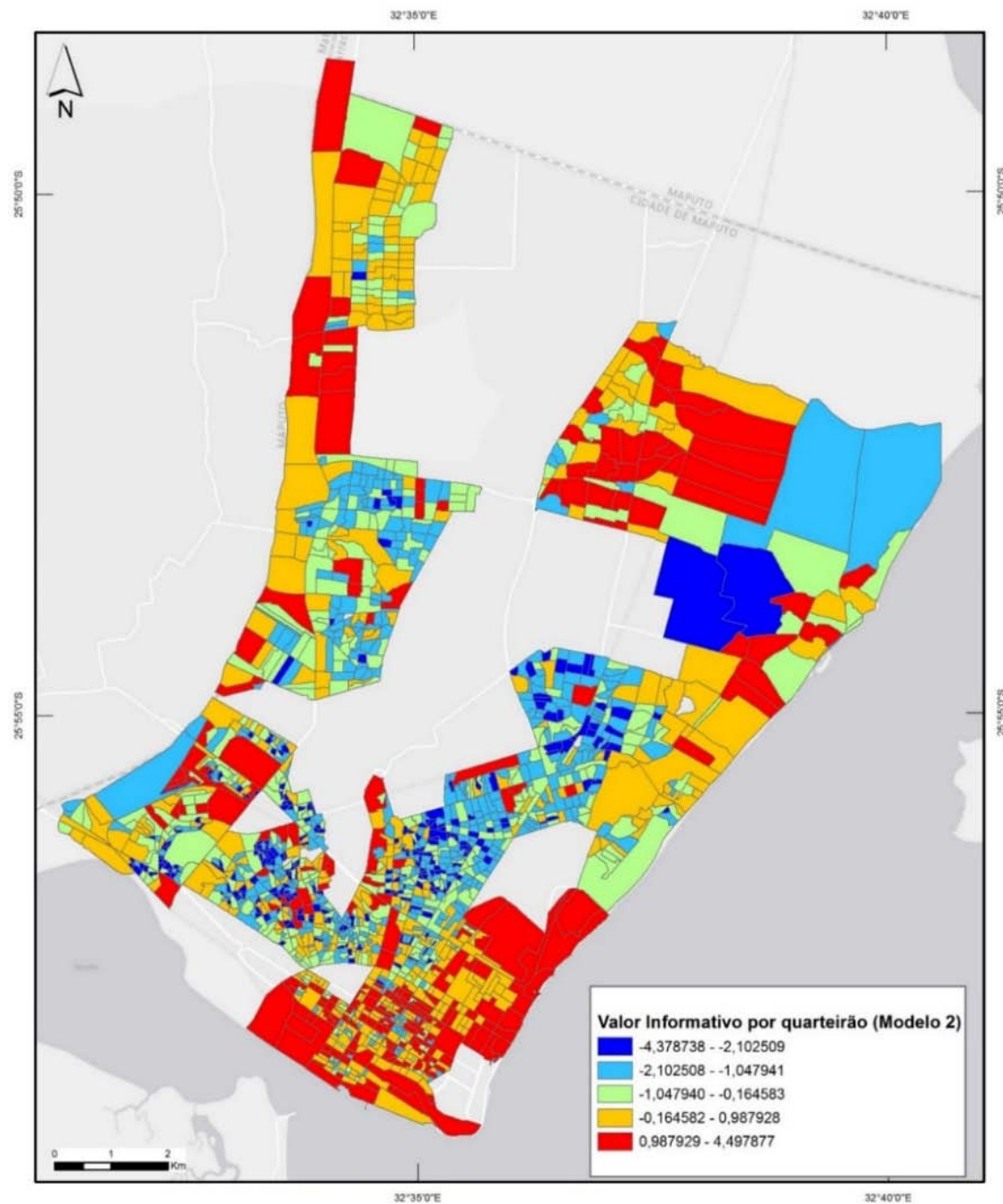


Figura 5.29 – Níveis de suscetibilidade na área de estudo (Modelo 2 com metade dos quarteirões com histórico de recorrência – Grupo de modelação).



**Tabela 5.10 – Quarteirões por nível de suscetibilidade: Modelo 2.**

<b>Níveis de suscetibilidade</b>	<b>MODELO 2</b>	
	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>(%)</b>
Muito elevada	218	12,3
Elevada	421	23,7
Moderada	404	22,7
Baixa	482	27,1
Muito baixa	254	14,2
<b>Total</b>	<b>1779</b>	<b>100,0</b>

A tabela 5.11 sistematiza os resultados da suscetibilidade avaliada com o Modelo 2, agregados ao nível do bairro, tomando em consideração a distribuição percentual dos quarteirões pelas cinco classes de suscetibilidade consideradas. Como no caso do Modelo de Suscetibilidade 1, também os resultados do Modelo 2 mostram a incidência espacial contrastada no que respeita à distribuição da suscetibilidade pelos bairros de Maputo.

**Tabela 5.11 – Suscetibilidade aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de suscetibilidade – Modelo 2.**

Bairros	Classes de Suscetibilidade				
	CI1 (Muito Baixa)	CI2 (Baixa)	CI3 (Moderada)	CI4 (Elevada)	CI5 (Muito elevada)
25 de Junho A	4,5	27,3	40,9	18,2	9,1
25 de Junho B	2,2	50,0	23,9	21,7	2,2
Aeroporto B	36,4	18,2	36,4	9,1	0,0
Alto Maé B	0,0	8,9	15,6	37,8	37,8
Bagamoio	3,8	38,5	30,8	11,5	15,4
Central A	0,0	19,1	4,3	36,2	40,4
Central B	0,0	29,0	16,1	32,3	22,6
Central C	0,0	22,6	17,9	38,1	21,4
Chamanculo A	3,7	11,1	51,9	29,6	3,7
Chamanculo B	34,8	26,1	17,4	17,4	4,3
Chamanculo C	22,2	28,9	22,2	24,4	2,2
Chamanculo D	45,0	32,5	7,5	7,5	7,5
Coop	0,0	9,7	22,6	48,4	19,4
Costa do Sol	4,9	12,2	24,4	39,0	19,5
Ferroviário	24,8	46,7	20,0	7,6	1,0
FPLM	12,5	50,0	25,0	8,3	4,2
George Dimitrov	7,6	55,7	25,3	11,4	0,0
Inhagoia B	18,2	24,2	30,3	21,2	6,1
Jardim	22,2	13,9	25,0	13,9	25,0
Luís Cabral	24,7	14,6	31,5	22,5	6,7
Mafalala	13,8	34,5	27,6	22,4	1,7
Mahotas	0,0	9,1	19,7	31,8	39,4
Malhangalene A	3,8	23,1	15,4	30,8	26,9
Malhangalene B	15,4	28,8	28,8	23,1	3,8
Malhazine	0,0	18,8	43,8	12,5	25,0
Maxaquene A	37,5	29,7	14,1	17,2	1,6
Maxaquene B	41,6	36,4	18,2	3,9	0,0
Maxaquene C	9,5	54,8	31,0	4,8	0,0
Maxaquene D	27,5	55,0	17,5	0,0	0,0
Mikadjuine	18,5	48,1	18,5	14,8	0,0
Polana Caniço B	6,9	34,5	32,2	23,0	3,4
Polana Cimento B	0,0	14,9	14,9	34,0	36,2
Sommershield	0,0	2,0	0,0	57,1	40,8
Urbanização	10,7	14,3	28,6	28,6	17,9
Xipamanine	37,9	12,1	19,0	15,5	15,5
Zimpeto	1,1	7,5	29,0	52,7	9,7

Para facilitar a comparação e hierarquização dos bairros de acordo com o nível de suscetibilidade, utilizaram-se os resultados da tabela 5.11 para calcular o IH, seguindo

o mesmo procedimento utilizado no Modelo 1, descrito na secção 5.3.3. Os IH calculados e a hierarquia obtida estão representados na tabela 5.12.

Observa-se que os bairros mais suscetíveis a incêndios são: Sommershield, Alto Maé B, Mahotas, Central A, Polana Cimento B, Coop, Zimpeto, Costa do Sol, Central C, Malhangalene A, Malhazine, Central B, Chamanculo A e Urbanização com IH superior a 100. Neste grupo de bairros verifica-se coincidência com os preditos pelo Modelo 1, sendo certo que existem ligeiras diferenças de posicionamento no seu ordenamento. O bairro da Polana Cimento B passa da segunda posição no Modelo 1 para a quinta posição no Modelo 2; o bairro do Alto Maé B sobe um degrau, passando da terceira posição para o segundo lugar; o bairro Central B desce da quinta para décima segunda posição; o bairro da Costa do Sol desceu uma posição, passando da sétima para oitava; o bairro das Mahotas sobe da oitava para a terceira posição; Chamanculo passa da décima para a décima terceira posição enquanto Malhangalene A sobe do décimo primeiro para o décimo lugar; Malhazine sobe do décimo segundo para o décimo primeiro lugar enquanto o bairro do Zimpeto sobe do décimo terceiro para o sétimo lugar da tabela hierárquica. Adicionalmente verifica-se a incorporação do bairro da Urbanização que se encontrava classificado no grupo de IH entre 50 e 100 no Modelo 1.

Com um IH entre 100 e 50 encontram-se os bairros Jardim, 25 de Junho A e Bagamoio. Neste grupo de bairros verifica-se a manutenção do bairro do Jardim em relação ao Modelo 1, apesar de mudar de posição na tabela geral, passando da décima sexta para a décima quinta.

Numa posição mediana da tabela e com um IH entre 1 e 50 estão posicionados os bairros Polana Caniço B, Luís Cabral, Inhagoia B, Malhangalene B, 25 de Junho B, Mafalala, Xipamanine e Chamanculo C. Neste grupo verifica-se a incorporação dos bairros Polana Caniço B e Chamanculo C, que no Modelo 1 encontravam-se no grupo dos bairros com IH entre 50 e 100. Nos restantes há uma diferença de posicionamento

na tabela geral como ocorre com o bairro Luís Cabral que sobe da vigésima sexta para a décima nona posição; o bairro de Inhagoia B desce um degrau, passando do décimo nono lugar no Modelo 1 para o vigésimo no Modelo 2; o bairro 25 de Junho B ascende um degrau, passando da vigésima terceira para a vigésima segunda posição enquanto Mafalala sobe do vigésimo quinto para o vigésimo terceiro lugar.

Finalmente, na parte inferior da tabela e com IH negativo encontram-se os bairros FPLM, George Dimitrov, Chamanculo B, Maxaquene C, Aeroporto B, Mikadjuine, Maxaquene A, Ferroviário, Chamanculo D, Maxaquene D e Maxaquene B, afigurando-se como relativamente mais seguros no que respeita aos incêndios urbanos. Neste grupo verifica-se a incorporação do bairro do Chamanculo B, que no Modelo 1 estava classificado no conjunto de bairros com IH entre 50 e 100; de resto, há algumas mudanças de lugares no posicionamento geral da tabela. O bairro das FPLM passa da vigésima sétima posição que detinha no Modelo 1 para a vigésima sexta no Modelo 2 enquanto George Dimitrov subiu da trigésima para a vigésima sétima; Maxaquene C desce do vigésimo oitavo para o vigésimo nono lugar, que foi deixado vago por Mikadjuine que passa para o trigésimo primeiro lugar, cedido por Maxaquene A que desceu um degrau; o bairro do Aeroporto B deixa a trigésima segunda posição e passa a posicionar-se em trigésimo lugar, enquanto Ferroviário passa da trigésima quinta para trigésima terceira posição em troca com Maxaquene D.

Pese embora as pequenas diferenças assinaladas na hierarquia dos bairros de Maputo no que respeita à suscetibilidade aos incêndios urbanos determinada pelos modelos 1 e 2, os resultados obtidos são bastante semelhantes e permitem definir os grandes agrupamentos de bairros, no que respeita à respetiva propensão à recorrência de incêndios.

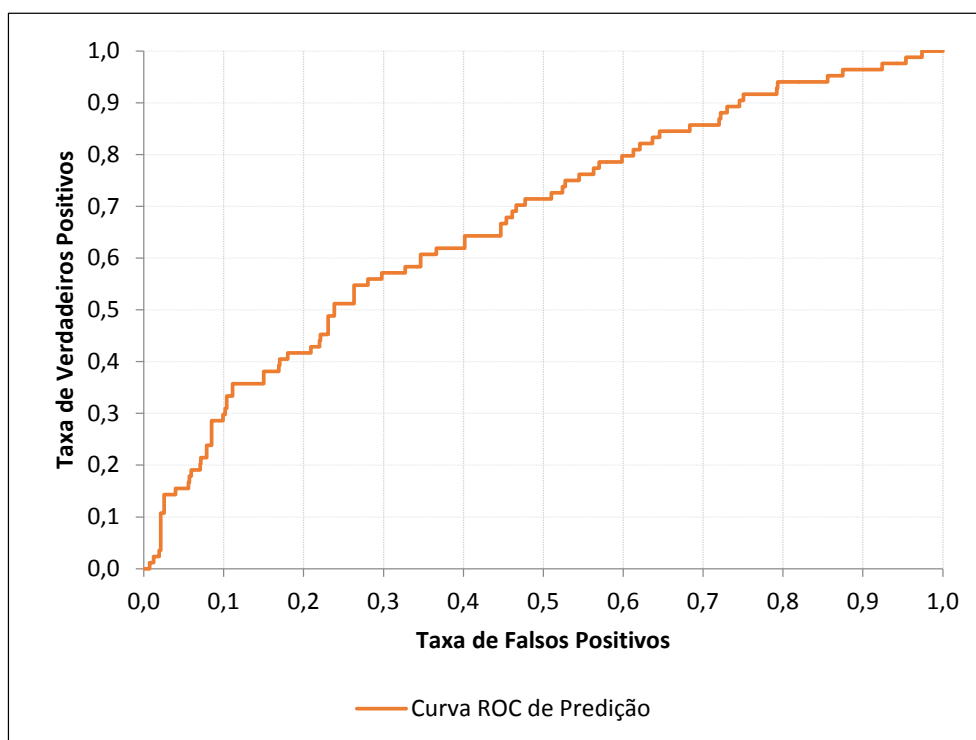
**Tabela 5.12 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização da suscetibilidade a incêndios urbanos – Modelo 2.**

Bairros	Nº de quarteirões	IH
Sommershield	49	234,7
Alto Maé B	45	195,6
Mahotas	66	192,4
Central A	47	178,7
Polana Cimento B	47	176,6
Coop	31	167,7
Zimpeto	93	153,8
Costa do Sol	41	139,0
Central C	84	135,7
Malhangalene A	26	126,9
Malhazine	16	125,0
Central B	62	119,4
Chamanculo A	27	103,7
Urbanização	28	103,6
Jardim	36	69,4
25 de Junho A	22	68,2
Bagamoio	26	53,8
Polana Caniço B	87	40,2
Luís Cabral	89	32,6
Inhagoia B	33	30,3
Malhangalene B	52	26,9
25 de Junho B	46	19,6
Mafalala	58	15,5
Xipamanine	58	8,6
Chamanculo C	45	4,4
FPLM	24	-20,8
George Dimitrov	79	-22,8
Chamanculo B	23	-30,4
Maxaquene C	42	-33,3
Aeroporto B	44	-36,4
Mikadjuine	27	-37,0
Maxaquene A	64	-51,6
Ferrovário	105	-58,1
Chamanculo D	40	-77,5
Maxaquene D	40	-92,5
Maxaquene B	77	-93,5
<b>Total</b>	<b>1779</b>	

#### 5.4.4 Validação dos resultados: curva ROC de predição

A validação do Modelo de Suscetibilidade 2 foi feita com uma curva ROC de predição, confrontando os resultados do modelo com o grupo de quarteirões de validação, não

considerados na sua construção. A Curva ROC de predição obtida está representada na figura 5.30 e a ela corresponde uma Área Abaixo da Curva (AAC) de 0,67. Como seria de esperar, esta AAC é inferior à AAC da curva ROC de sucesso do Modelo de Suscetibilidade 1 (0,75), uma vez que resulta de um processo de validação independente, ao contrário da primeira. O resultado obtido pode considerar-se dentro do limite de aceitabilidade. Tomando, por exemplo, como valor de corte os 50 % da taxa de verdadeiros positivos, verifica-se que para atingir este nível de validação é necessário considerar 23,8 % dos falsos positivos, ou seja, de 6 % acima do valor equivalente obtido com o Modelo de Suscetibilidade 1 (17,6 %).

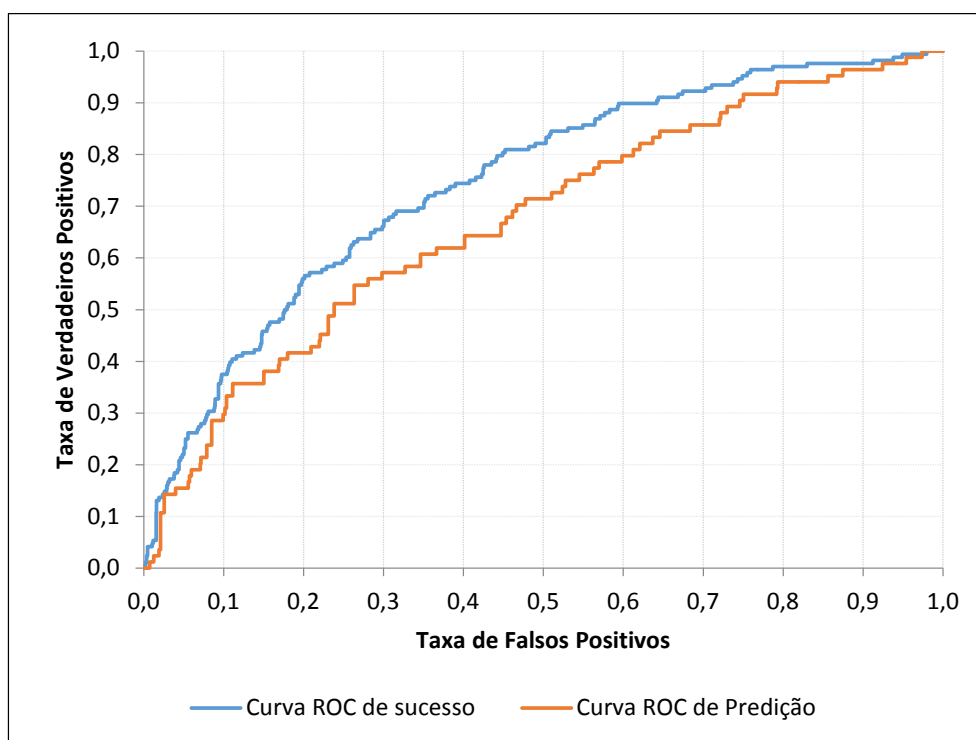


**Figura 5.30 – Curva ROC de predição utilizada na validação do Modelo de Suscetibilidade 2: Valor informativo com grupo de modelação.**

## 5.5 Comparação dos Modelos de Suscetibilidade 1 e 2

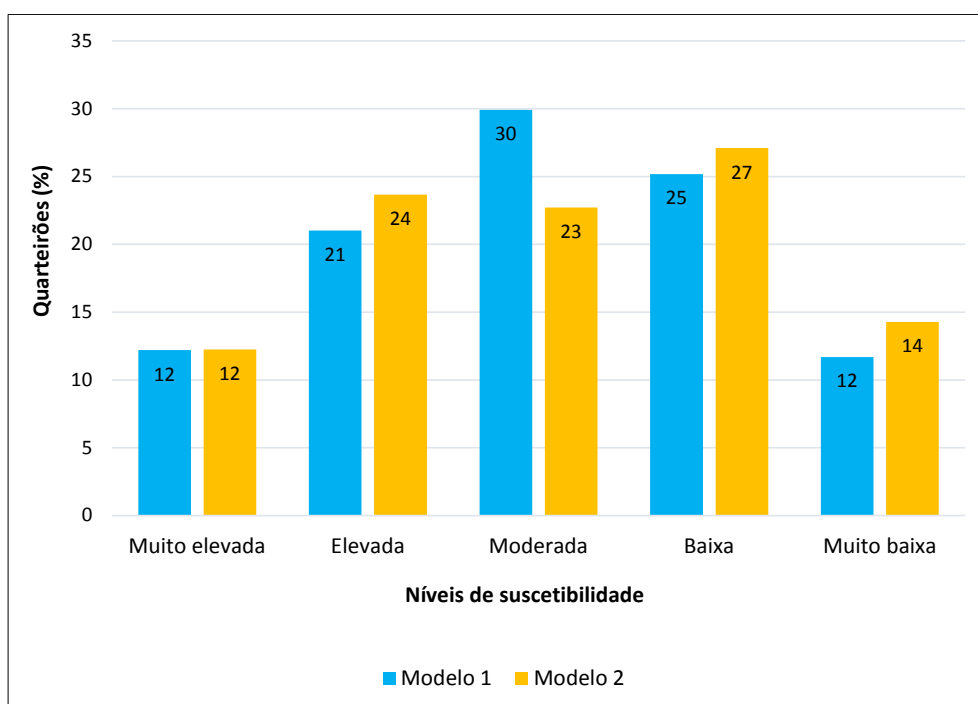
Pese embora a existência de algumas diferenças na classificação da suscetibilidade de alguns quarteirões (principalmente os de maiores dimensões) entre os dois modelos de suscetibilidade produzidos com o método do Valor Informativo, é assinalável a grande concordância espacial observada, em geral, entre os dois modelos.

A validação dos dois modelos resultou em curvas ROC (Figura 5.31) com Áreas Abaixo da Curva aceitáveis ( $AAC > 0,50$ ), não obstante o Modelo de Suscetibilidade 2 apresentar uma taxa de predição inferior ( $AAC=0,67$ ) à taxa de sucesso do Modelo de Suscetibilidade 1 ( $AAC=0,75$ ), diferença que se explica pela maior exigência do procedimento da validação independente utilizado na validação do Modelo de Suscetibilidade 2.



**Figura 5.31 – Curvas ROC de Sucesso e de Predição dos modelos de suscetibilidade 1 e 2, respetivamente.**

A figura 5.32 mostra a distribuição dos níveis de suscetibilidade definidos pelos dois modelos construídos com o método do Valor Informativo, verificando-se que existe uma similitude assinalável na distribuição dos quarteirões pelas classes de suscetibilidade consideradas. Em termos relativos, a importância das classes de suscetibilidade baixa e muito baixa é maior no Modelo de Suscetibilidade 2, enquanto a classe de suscetibilidade moderada abrange mais quarteirões no Modelo de Suscetibilidade 1. O peso da classe de suscetibilidade muito elevada é equivalente nos dois modelos, correspondendo a cerca de 12 % do número total de quarteirões.



**Figura 5.32 – Distribuição das classes de suscetibilidade nos modelos de suscetibilidade 1 e 2.**

Para melhor comparar os resultados dos dois modelos de suscetibilidade construídos com o método do Valor Informativo, construiu-se uma matriz de contingência, que



confronta as classificações individuais dos quarteirões nos modelos de suscetibilidade 1 e 2 (Tabela 5.13). Assim, verifica-se que 73,9 % dos quarteirões são classificados na mesma classe de suscetibilidade por ambos os modelos. Adicionalmente, este valor aumenta para 99,3 %, quando se considera a concordância com a mesma classe ou uma classe contígua.

Os resultados obtidos com a aplicação do método do Valor Informativo permitem concluir que não existem diferenças assinaláveis entre o modelo que utiliza apenas metade da amostra de quarteirões com recorrência de incêndios urbanos nos bairros de Maputo (Modelo 2) e aquele que recorre à totalidade da amostra (Modelo 1). Assim, para desenvolvimento futuro, nomeadamente na aplicação do método da Regressão Logística (apresentado na secção seguinte), é lícito utilizar a totalidade da amostra na modelação, o que torna a análise mais robusta, porque fica sustentada em mais dados, pese embora isso inviabilize a validação dos resultados com curva ROC de predição.

**Tabela 5.13 – Matriz de contingência dos quarteirões inseridos nas classes de suscetibilidade nos modelos 1 e 2.**

<b>Modelo 2</b>						
<b>Modelo 1</b>	<b>CI1</b>	<b>CI2</b>	<b>CI3</b>	<b>CI4</b>	<b>CI5</b>	<b>Total</b>
<b>CI1</b>	191	17	0	0	0	208
<b>CI2</b>	58	358	32	0	0	448
<b>CI3</b>	3	104	317	107	1	532
<b>CI4</b>	2	2	52	276	44	376
<b>CI5</b>	0	1	3	38	173	215
<b>Total</b>	254	482	404	421	218	

## **5.6 Modelo de Suscetibilidade 3: Regressão Logística com a Totalidade dos Quarteirões**

### **5.6.1 Estimativa de coeficientes de regressão logística**

Os resultados da suscetibilidade obtidos através do método do Valor Informativo não permitem uma leitura probabilística, dificultando a sua integração com dados de probabilidade temporal para a determinação da perigosidade. Para viabilizar essa integração optou-se por construir um terceiro modelo de suscetibilidade, utilizando o método de Regressão Logística e recorrendo a todos os quarteirões com histórico de recorrência, pelas razões expressas no final da secção 5.5.

Para a efetivação do ensaio da Regressão Logística considerou-se que os eventos de recorrência de incêndio urbano têm um comportamento binário y codificado como 1 (ocorre) ou 0 (não ocorre), seguindo os procedimentos utilizados por Marques (2013). Assim, com recurso à ferramenta *Statistica 7*, modelou-se a probabilidade de ocorrer incêndio (variável dependente) em função das mesmas variáveis independentes utilizadas com o método do Valor Informativo: dimensão do quarteirão, tipologia da edificação dominante, número de casas por quarteirão, presença de instalações técnicas, qualidade de instalações elétricas, número de habitantes por quarteirão, densidade populacional e número de habitantes por casa. De igual modo, mantiveram-se as mesmas classes consideradas na construção dos modelos de suscetibilidade 1 e 2. A Regressão Logística utilizou o Quasi-Newton como método de estimação.

A tabela 5.14 mostra os resultados obtidos com o Modelo de Regressão Logística (Modelo de Suscetibilidade 3), em termos de coeficientes de regressão logística estimados e *Odds Ratio*.

Os coeficientes de regressão logística positivos mais elevados, a que correspondem as *Odds Ratio* mais altas, permitem definir as condições que mais favorecem a recorrência de incêndios urbanos nos quarteirões de Maputo.

**Tabela 5.14 – Coeficientes do Modelo de Suscetibilidade 3 (Método de Regressão Logística).**  
**A negrito estão assinalados os resultados mais significativos.**

		Coeficientes de regressão logística estimados	<i>Odds Ratio</i>
<b>Constante <math>\beta</math></b>		-0,916999	0,399717
Dimensão do quarteirão	CI1	-1,11990	0,32631
	CI2	-0,130825	0,877371
	CI3	-0,113536	0,892672
	CI4	<b>0,747267</b>	<b>2,111222</b>
Tipologia de edificação dominante	CI1	<b>1,042025</b>	<b>2,834953</b>
	CI2	-0,040607	0,960207
	CI3	-0,970897	0,378743
	CI4	-0,647521	0,523342
Número de habitantes por quarteirão	CI1	<b>0,534059</b>	<b>1,705842</b>
	CI2	-0,869420	0,419195
	CI3	-0,399342	0,670762
	CI4	0,117703	1,124910
Presença de instalações técnicas	CI1	-0,866220	0,420538
	CI2	0,063068	1,065099
	CI3	0,086153	1,089973
Qualidade das instalações elétricas	CI1	-0,495464	0,609288
	CI2	-0,357721	0,699268
	CI3	<b>0,136185</b>	<b>1,145894</b>
Número de casas por quarteirão	CI1	-1,38211	0,25105
	CI2	<b>0,202711</b>	<b>1,224718</b>
	CI3	<b>0,177905</b>	<b>1,194711</b>
	CI4	<b>0,384497</b>	<b>1,468876</b>
Densidade populacional	CI1	<b>0,207585</b>	<b>1,230702</b>
	CI2	<b>0,176281</b>	<b>1,192773</b>
	CI3	-0,226457	0,797354
	CI4	-0,774408	0,460976
Número de habitantes por casa	CI1	-0,227024	0,796902
	CI2	0,001820	1,001821
	CI3	-0,282432	0,753948
	CI4	-0,109363	0,896405

Assim, destacam-se os quarteirões com dimensões acima de 100 hectares, com menos de 50 casas, com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços, com menos de 200 habitantes e uma densidade populacional

inferior a 500 hab/km<sup>2</sup>, e com presença de, pelo menos, uma das seguintes condições: (i) equipamentos, produtos ou instalações elétricas com graves problemas de isolamento; (ii) potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente.

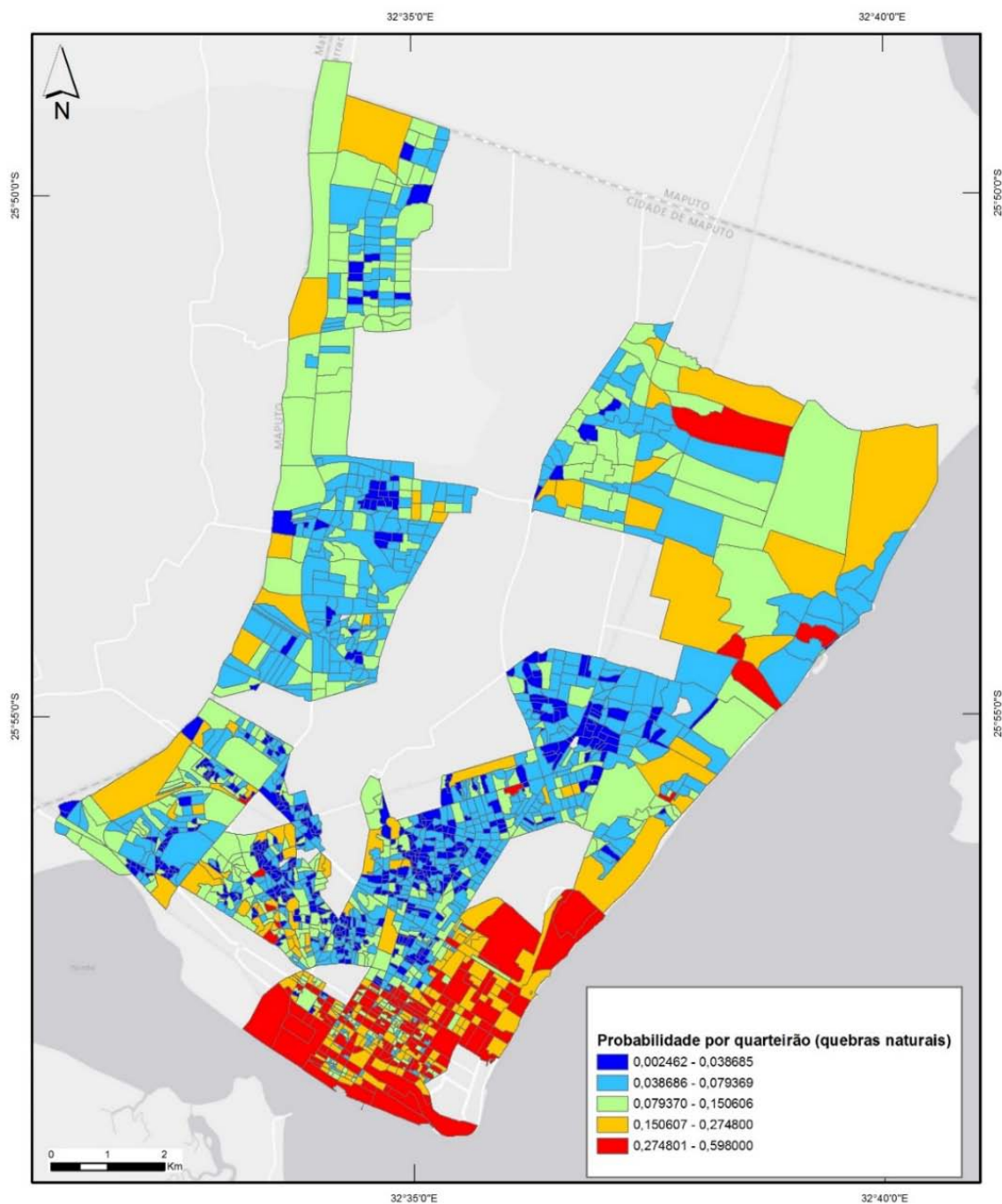
### **5.6.2 Representação cartográfica da suscetibilidade e agregação dos resultados ao nível do Bairro**

A figura 5.33 representa a carta de suscetibilidade aos incêndios urbanos, produzida com o método da Regressão Logística (Modelo de Suscetibilidade 3). Na sua construção em ArcGIS 10.2 foram definidas 5 classes a partir das quebras naturais da distribuição das probabilidades *a posteriori*, utilizando a mesma escala de coloração gradativa, já apresentada, para os níveis de suscetibilidade: Vermelho (Muito elevada), Laranja (Elevada), Verde (Moderada), Azul-claro (Baixa) e Azul-escuro (Muito baixa). Este exercício possibilita a observação e análise da distribuição da suscetibilidade pelas unidades geográficas estudadas e a comparação com os mapas gerados com o Valor Informativo (Modelos de Suscetibilidade 1 e 2).

Os resultados obtidos com o Modelo de Suscetibilidade 3 – Regressão Logística (Figura 5.33) vinculam uma distribuição da suscetibilidade a nível dos bairros de Maputo mais contrastada do que a obtida com o Valor Informativo, com destaque para a concentração dos quarteirões mais suscetíveis no setor SE da área de estudo, correspondente ao Distrito Municipal KaMfumu.

A tabela 5.15 sintetiza a distribuição dos quarteirões pelas classes de suscetibilidade, verificando-se que 133 quarteirões, correspondentes a 7,5 % do total, têm suscetibilidade muito elevada e 170 quarteirões (9,6 % do total) apresentam suscetibilidade elevada. A maioria dos quarteirões (643, correspondentes a 36,1 % do total) tem suscetibilidade baixa, enquanto a suscetibilidade moderada está presente

em 399 quarteirões, equivalentes a 22,4 % do total. A suscetibilidade muito baixa caracteriza 434 quarteirões, o que corresponde a 24,4 % do total dos quarteirões considerados no estudo.



**Figura 5.33 – Mapa de suscetibilidade aos incêndios urbanos (Modelo de Suscetibilidade 3: Regressão Logística).**

**Tabela 5.15 – Quarteirões por nível de suscetibilidade: Modelo 3.**

<b>Níveis de suscetibilidade</b>	<b>MODELO 3</b>	
	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>(%)</b>
Muito elevada	133	7,5
Elevada	170	9,6
Moderada	399	22,4
Baixa	643	36,1
Muito baixa	434	24,4
<b>Total</b>	<b>1779</b>	<b>100</b>

A tabela 5.16 mostra os resultados da distribuição percentual dos quarteirões de cada bairro pelas 5 classes de suscetibilidade, confirmando-se a incidência espacial desigual da suscetibilidade no território estudado.

A tabela 5.17 sintetiza o IH, calculado seguindo o mesmo procedimento utilizado nos modelos de suscetibilidade com o Valor Informativo, para facilitar a comparação e hierarquização dos bairros de acordo com a suscetibilidade aos incêndios.

De acordo com o modelo da Regressão Logística, os bairros mais suscetíveis a incêndios são: Sommershield, Central A, Alto Maé B, Polana Cimento B, Central C e Central B com IH superior a 100. Importa realçar que estes bairros foram igualmente classificados no grupo de maior suscetibilidade pelos dois modelos com o Valor Informativo. A seguir, e com um IH entre 1 e 100 encontram-se os bairros Coop, Chamanculo A, Malhangalene A, Malhazine, Chamanculo B, Costa do Sol, Mahotas e Chamanculo C. No meio da tabela, e com um IH entre -100 e -1, estão posicionados os bairros Zimpeto, Jardim, Polana Caniço B, 25 de Junho B, Bagamoio, 25 de Junho A, Urbanização, Inhagoia B, FPLM, Luís Cabral, Xipamanine, George Dimitrov, Maxaquene C, Mikadjuine e Malhangalene B. Na parte inferior da tabela hierárquica encontram-se os bairros de Mafalala, Chamanculo D, Maxaquene A, Maxaquene D, Ferroviário, Aeroporto B e Maxaquene B, com índices inferiores a -100.

**Tabela 5.16 – Suscetibilidade aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de suscetibilidade – Modelo 3.**

Bairros	Classes de Suscetibilidade				
	CI1 (Muito Baixa)	CI2 (Baixa)	CI3 (Moderada)	CI4 (Elevada)	CI5 (Muito elevada)
25 de Junho A	9,1	68,2	18,2	4,5	0,0
25 de Junho B	6,5	63,0	28,3	2,2	0,0
Aeroporto B	54,5	38,6	6,8	0,0	0,0
Alto Maé B	6,7	6,7	24,4	28,9	33,3
Bagamoio	7,7	69,2	19,2	3,8	0,0
Central A	0,0	12,8	36,2	12,8	38,3
Central B	1,6	19,4	40,3	14,5	24,2
Central C	0,0	22,6	21,4	27,4	28,6
Chamanculo A	7,4	18,5	37,0	29,6	7,4
Chamanculo B	21,7	21,7	26,1	26,1	4,3
Chamanculo C	20,0	24,4	46,7	6,7	2,2
Chamanculo D	62,5	20,0	7,5	10,0	0,0
Coop	0,0	32,3	19,4	35,5	12,9
Costa do Sol	4,9	51,2	17,1	17,1	9,8
Ferroviário	44,8	49,5	5,7	0,0	0,0
FPLM	29,2	41,7	25,0	4,2	0,0
George Dimitrov	22,8	62,0	13,9	1,3	0,0
Inhagoia B	24,2	48,5	21,2	6,1	0,0
Jardim	33,3	19,4	36,1	8,3	2,8
Luís Cabral	37,1	33,7	25,8	3,4	0,0
Mafalala	41,4	41,4	15,5	1,7	0,0
Mahotas	6,1	42,4	39,4	10,6	1,5
Malhangalene A	23,1	11,5	23,1	15,4	26,9
Malhangalene B	44,2	34,6	19,2	1,9	0,0
Malhazine	0,0	37,5	37,5	25,0	0,0
Maxaquene A	59,4	26,6	9,4	4,7	0,0
Maxaquene B	58,4	37,7	3,9	0,0	0,0
Maxaquene C	23,8	61,9	14,3	0,0	0,0
Maxaquene D	37,5	57,5	5,0	0,0	0,0
Mikadjuine	48,1	25,9	25,9	0,0	0,0
Polana Caniço B	12,6	52,9	28,7	4,6	1,1
Polana Cimento B	0,0	21,3	17,0	25,5	36,2
Sommershield	0,0	0,0	6,1	49,0	44,9
Urbanização	28,6	39,3	28,6	3,6	0,0
Xipamanine	44,8	24,1	24,1	6,9	0,0
Zimpeto	8,6	40,9	48,4	2,2	0,0

**Tabela 5.17 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização da suscetibilidade a incêndios urbanos – Modelo 3.**

<b>Bairros</b>	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>IH</b>
Sommershield	49	238,8
Central A	47	163,8
Alto Maé B	45	162,2
Polana Cimento B	47	155,3
Central C	84	139,3
Central B	62	119,4
Coop	31	96,8
Chamanculo A	27	85,2
Malhangalene A	26	76,9
Malhazine	16	50,0
Chamanculo B	23	26,1
Costa do Sol	41	19,5
Mahotas	66	10,6
Chamanculo C	45	2,2
Zimpeto	93	-5,4
Jardim	36	-25,0
Polana Caniço B	87	-36,8
25 de Junho B	46	-43,5
Bagamoio	26	-57,7
25 de Junho A	22	-59,1
Urbanização	28	-60,7
Inhagoia B	33	-63,6
FPLM	24	-66,7
Luís Cabral	89	-75,3
Xipamanine	58	-75,9
George Dimitrov	79	-91,1
Maxaquene C	42	-95,2
Mikadjuine	27	-96,3
Malhangalene B	52	-100,0
Mafalala	58	-105,2
Chamanculo D	40	-117,5
Maxaquene A	64	-126,6
Maxaquene D	40	-127,5
Ferroviário	105	-133,3
Aeroporto B	44	-140,9
Maxaquene B	77	-150,6
<b>Total</b>	<b>1779</b>	



### 5.6.3 Validação do Modelo de Suscetibilidade 3: curvas ROC de sucesso – Regressão Logística

O Modelo de Suscetibilidade 3 construído com o método de Regressão Logística foi validado através da Curva ROC de Sucesso (Figura 5.34), confrontando os resultados do modelo com todas as unidades geográficas com histórico de recorrência de incêndios, as mesmas utilizadas na modelação. A Área Abaixo da Curva ROC de sucesso tem um valor de 0,76, o que é indicador da robustez do modelo. Adicionalmente, constata-se que os resultados da validação dos Modelos de Regressão Logística e do Valor Informativo são bastante semelhantes, com uma pequena vantagem para a Regressão Logística (AAC das Curvas ROC de 0,76 e 0,75, respetivamente).

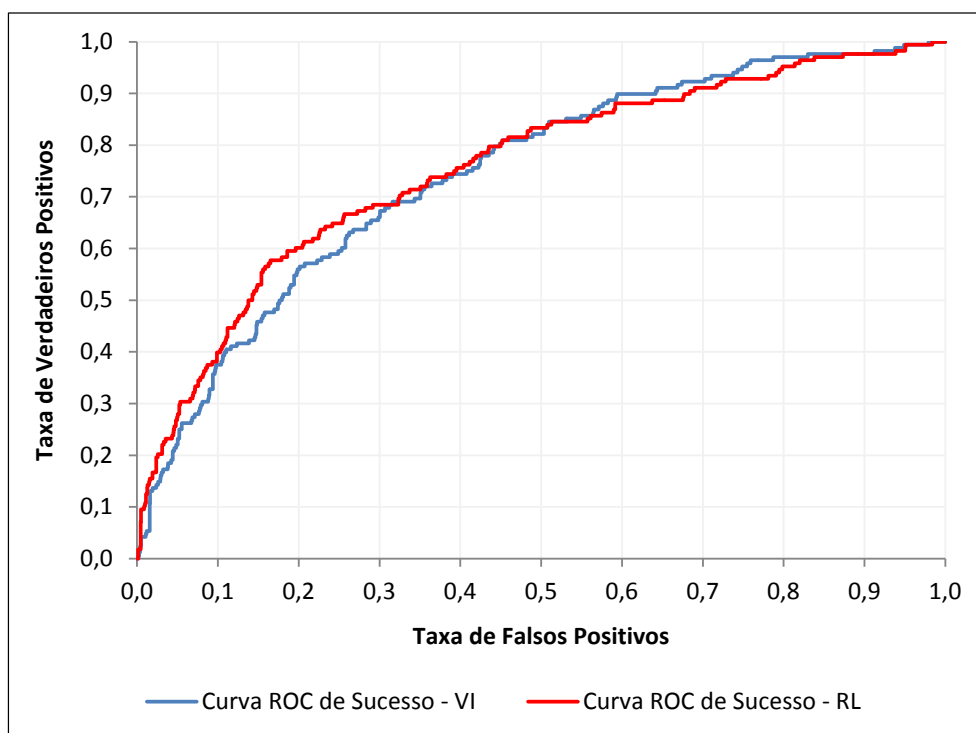
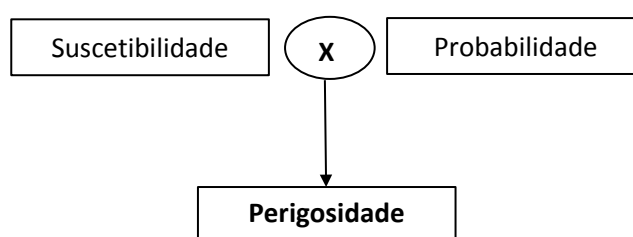


Figura 5.34 – Curvas ROC de sucesso dos modelos de suscetibilidade 1 (Valor Informativo) e 3 (Regressão Logística).



## 6. Perigosidade a Incêndios Urbanos na Área de Estudo

A determinação da perigosidade na área de estudo implicou primeiro o cálculo das probabilidades temporais que depois seriam integradas com a suscetibilidade obtida com o modelo de Regressão Logística. Trata-se de determinar onde e quando poderá registar-se um incêndio (Figura 6.1).



**Figura 6.1 – Representação esquemática da perigosidade “onde e quando poderá registar-se um incêndio”.**

### 6.1 Probabilidade Temporal de Incêndios Urbanos nos Bairros do Município de Maputo

A probabilidade temporal de futuras ocorrências de incêndios nos bairros de Maputo foi calculada para dois intervalos distintos (um e cinco anos), através do modelo de distribuição de Poisson (descrito no capítulo 3) e utilizando o histórico de incêndios.

Como foi referido no capítulo 4, o histórico de incêndios referente aos 14 anos em estudo (1999 a 2012) revela que foram registados 887 ocorrências, nos trinta e seis bairros do Município de Maputo. Vinte e cinco bairros (69 % do total) registaram 14 ou mais incêndios, ou seja, uma média de pelo menos uma ocorrência por ano. De entre os bairros atrás citados, 12 deles registaram pelo menos 28 ocorrências, o que corresponde a uma incidência média de 2 ou mais casos por ano, enquanto 5 bairros

registaram pelo menos 46 ocorrências. Por fim, destacam-se 3 bairros que registaram entre 60 e 78 casos de incêndios durante o período em referência. Com uma incidência de incêndios relativamente baixa contabilizam-se 11 bairros (31 % do total), os quais registaram entre 6 e 13 ocorrências de incêndios. A taxa de recorrência de incêndios foi calculada para cada bairro dividindo o número total de ocorrências nele verificado pelo tempo considerado (14 anos) e os resultados estão apresentados na tabela 6.1.

Assumindo que a recorrência de incêndios será a mesma no futuro próximo (os fatores demográficos e infraestruturais presentes sustentam a assunção) e adotando o modelo de distribuição de Poisson, foi possível determinar a probabilidade de ocorrência de um ou mais eventos de incêndios em cada bairro para os intervalos temporais de 1 e 5 anos (Tabela 6.2).

A análise da tabela 6.2 mostra que 34 dos 36 bairros municipais abrangidos pelo estudo, cerca de 94 % do território, apresentam pelo menos 50 % de probabilidade de voltarem a registar uma ocorrência de incêndio em 1 ano. De entre estes, destacam-se 15 bairros (42 % da área estudada), cuja probabilidade varia de 82 % a 99,6 %.

Como é óbvio, a probabilidade tende a crescer quando se alarga o período de cálculo. Com efeito, considerando um intervalo temporal de 5 anos, verifica-se que em praticamente todos os bairros do Município de Maputo há uma probabilidade muito elevada de se registar pelo menos uma ocorrência de incêndio (88,3 % a 100 %), o que significa que é quase certo que em 5 anos cada bairro em Maputo seja afetado por um ou mais casos de incêndio urbano.

Nesta análise constata-se que nos bairros de Bagamoio e Costa do Sol, onde se registou o menor número de ocorrências nos 14 anos (menos de 10 casos por bairro), há uma probabilidade abaixo de 50 % de se registar pelo menos um caso de incêndio num período de 1 ano. Mesmo assim, quando se considera um período de 5 anos, essa probabilidade situa-se nos 88,3 %, o que mostra o elevado nível de possibilidade de recorrência do fenómeno na área estudada.

**Tabela 6.1 –Taxa de Recorrência ( $\lambda$ ) de incêndios por bairro em 14 anos.**

Bairro	Nº de incêndios registrados	Taxa de recorrência em 14 anos
25 de Junho A	13	0,9
25 de Junho B	14	1,0
Aeroporto B	11	0,8
Alto Maé B	50	3,6
Bagamoio	6	0,4
Central A	60	4,3
Central B	78	5,6
Central C	61	4,4
Chamanculo A	28	2,0
Chamanculo B	22	1,6
Chamanculo C	12	0,9
Chamanculo D	11	0,8
Coop	10	0,7
Costa do Sol	6	0,4
Ferroviário	18	1,3
FPLM	16	1,1
George Dimitrov	24	1,7
Inhagoia B	21	1,5
Jardim	27	1,9
Luís Cabral	14	1,0
Mafalala	32	2,3
Mahotas	10	0,7
Malhangalene A	36	2,6
Malhangalene B	46	3,3
Malhazine	14	1,0
Maxaquene A	31	2,2
Maxaquene B	28	2,0
Maxaquene C	15	1,1
Maxaquene D	25	1,8
Mikadjuine	13	0,9
Polana Caniço B	10	0,7
Polana Cimento B	38	2,7
Sommersshield	13	0,9
Urbanização	20	1,4
Xipamanine	35	2,5
Zimpeto	19	1,4
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>63,4</b>

**Tabela 6.2 – Probabilidade de ocorrência de incêndio em cada bairro do Município de Maputo em 1 e 5 anos.**

Bairro	Nº de ocorrências	Probabilidade anual	Probabilidade em 5 anos
Central B	78	99,6	100,0
Central C	61	98,7	100,0
Central A	60	98,6	100,0
Alto Maé B	50	97,2	100,0
Malhangalene B	46	96,3	100,0
Polana Cimento B	38	93,4	100,0
Malhangalene A	36	92,4	100,0
Xipamanine	35	91,8	100,0
Mafalala	32	89,8	100,0
Maxaquene A	31	89,1	100,0
Chamanculo A	28	86,5	100,0
Maxaquene B	28	86,5	100,0
Jardim	27	85,5	100,0
Maxaquene D	25	83,2	100,0
George Dimitrov	24	82,0	100,0
Chamanculo B	22	79,2	100,0
Inhagoia B	21	77,7	99,9
Urbanização	20	76,0	99,9
Zimpeto	19	74,3	99,9
Ferroviário	18	72,4	99,8
FPLM	16	68,1	99,7
Maxaquene C	15	65,7	99,5
25 de Junho B	14	63,2	99,3
Luís Cabral	14	63,2	99,3
Malhazine	14	63,2	99,3
25 de Junho A	13	60,5	99,0
Mikadjuine	13	60,5	99,0
Sommershield	13	60,5	99,0
Chamanculo C	12	57,6	98,6
Aeroporto B	11	54,4	98,0
Chamanculo D	11	54,4	98,0
Coop	10	51,0	97,2
Mahotas	10	51,0	97,2
Polana Caniço B	10	51,0	97,2
Bagamoio	6	34,9	88,3
Costa do Sol	6	34,9	88,3
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

## **6.2 Probabilidade Temporal de Ocorrência de Incêndios em Residências nos Bairros do Município de Maputo**

Na secção anterior foram utilizados os dados do histórico dos incêndios registados completo, independentemente do tipo de elemento afetado e calculou-se a probabilidade de em cada bairro registar-se um ou mais incêndios em intervalos temporais de 1 e 5 anos.

Empregando o mesmo modelo de distribuição probabilística, na presente secção consideram-se apenas os dados do histórico dos incêndios em residências. A tabela 6.3 mostra a probabilidade calculada para 1 e 5 anos, considerando um total de 543 incêndios registados em residências, que representam 61 % do total das ocorrências contabilizadas nos 14 anos em análise, na área de estudo.

De acordo com os dados da tabela 6.3, 15 bairros (42 % do total) registaram uma média anual de um ou mais incêndios em residências. Neste grupo, destacam-se quatro 4 bairros que apresentam uma média anual de dois ou mais incêndios, nomeadamente, Central B, Central A, Malhangalene B e Alto Maé B.

Aplicada a distribuição de Poisson para um intervalo temporal de um ano, verificou-se que a probabilidade de se registar pelo menos um incêndio é superior a 50 % para um conjunto de 23 bairros (64 % do total), destacando-se os bairros Central B e Central A, onde a probabilidade anual de ocorrência de um ou mais incêndios é superior a 90 %.

Naturalmente a probabilidade de ocorrência de incêndios tende a crescer quando se estende o intervalo temporal para 5 anos, verificando-se que em 35 bairros, representando 97 % das unidades territoriais estudadas, a probabilidade de se registar pelo menos um incêndio é superior a 65 %. Merecem destaque os bairros de Xipamanine, Maxaquene A, Malhangalene A, Alto Maé B, Malhangalene B, Central A e Central B, onde a probabilidade de pelo menos uma residência ser afetada por incêndio num intervalo temporal de cinco anos é de 100 %.

Os bairros Costa do Sol e Malhazine apresentam uma probabilidade relativamente reduzida de registarem novas ocorrências num espaço de 1 ano (6,9 % e 19,3 %), sendo que a probabilidade incrementa para 30 % e 65 %, respetivamente quando se considera um período de cinco anos.

**Tabela 6.3 – Probabilidade de ocorrência de incêndio em residências em cada bairro do Município de Maputo em 1 e 5 anos.**

Bairro	Incêndios	Probabilidade anual	Probabilidade em 5 anos
Central B	60	98,6	100,0
Central A	45	96,0	100,0
Malhangalene B	31	89,1	100,0
Alto Maé B	29	87,4	100,0
Malhangalene A	24	82,0	100,0
Maxaquene A	22	79,2	100,0
Xipamanine	22	79,2	100,0
Mafalala	21	77,7	99,9
Central C	20	76,0	99,9
Jardim	20	76,0	99,9
Maxaquene B	19	74,3	99,9
Maxaquene D	19	74,3	99,9
Polana Cimento B	19	74,3	99,9
George Dimitrov	16	68,1	99,7
Urbanização	15	65,7	99,5
Chamanculo A	13	60,5	99,0
Luís Cabral	12	57,6	98,6
Mikadjuine	12	57,6	98,6
25 de Junho B	11	54,4	98,0
Chamanculo B	11	54,4	98,0
Chamanculo C	10	51,0	97,2
Inhagoia B	10	51,0	97,2
Zimpeto	10	51,0	97,2
Maxaquene C	9	47,4	96,0
Aeroporto B	8	43,5	94,3
Mahotas	7	39,3	91,8
25 de Junho A	6	34,9	88,3
Coop	6	34,9	88,3
Ferroviário	6	34,9	88,3
FPLM	6	34,9	88,3
Sommersshield	6	34,9	88,3
Bagamoio	5	30,0	83,2
Polana Caniço B	5	30,0	83,2
Chamanculo D	4	24,9	76,0
Malhazine	3	19,3	65,7
Costa do Sol	1	6,9	30,0
<b>Total</b>	<b>543</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>



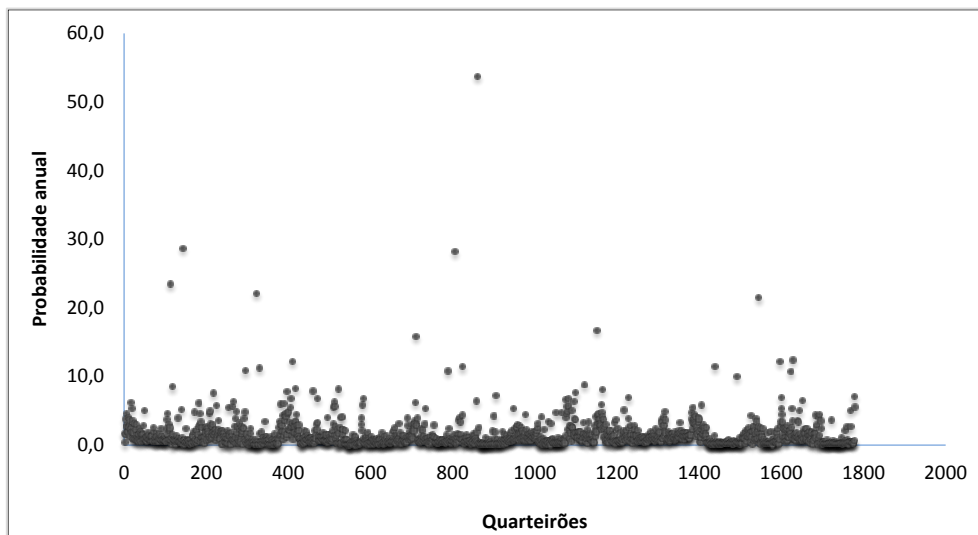
### **6.3 Probabilidade Temporal de Ocorrência de Incêndios ao Nível do Quarteirão**

Os cálculos efetuados com o modelo de distribuição de Poisson (Tabela 6.2) permitiram estimar a probabilidade dos bairros estudados registarem um incêndio durante os intervalos temporais considerados (1 e 5 anos); porém, eles não possibilitam a previsão específica para as diferentes áreas heterogêneas (quarteirões) que compõem cada bairro.

Com vista a tornar essa previsão possível e permitir a integração posterior dos dados de probabilidade com os da suscetibilidade para a determinação da perigosidade para cada quarteirão, as probabilidades de Poisson obtidas para cada bairro foram repartidas proporcionalmente pelos quarteirões que o constituem, observando a respetiva área.

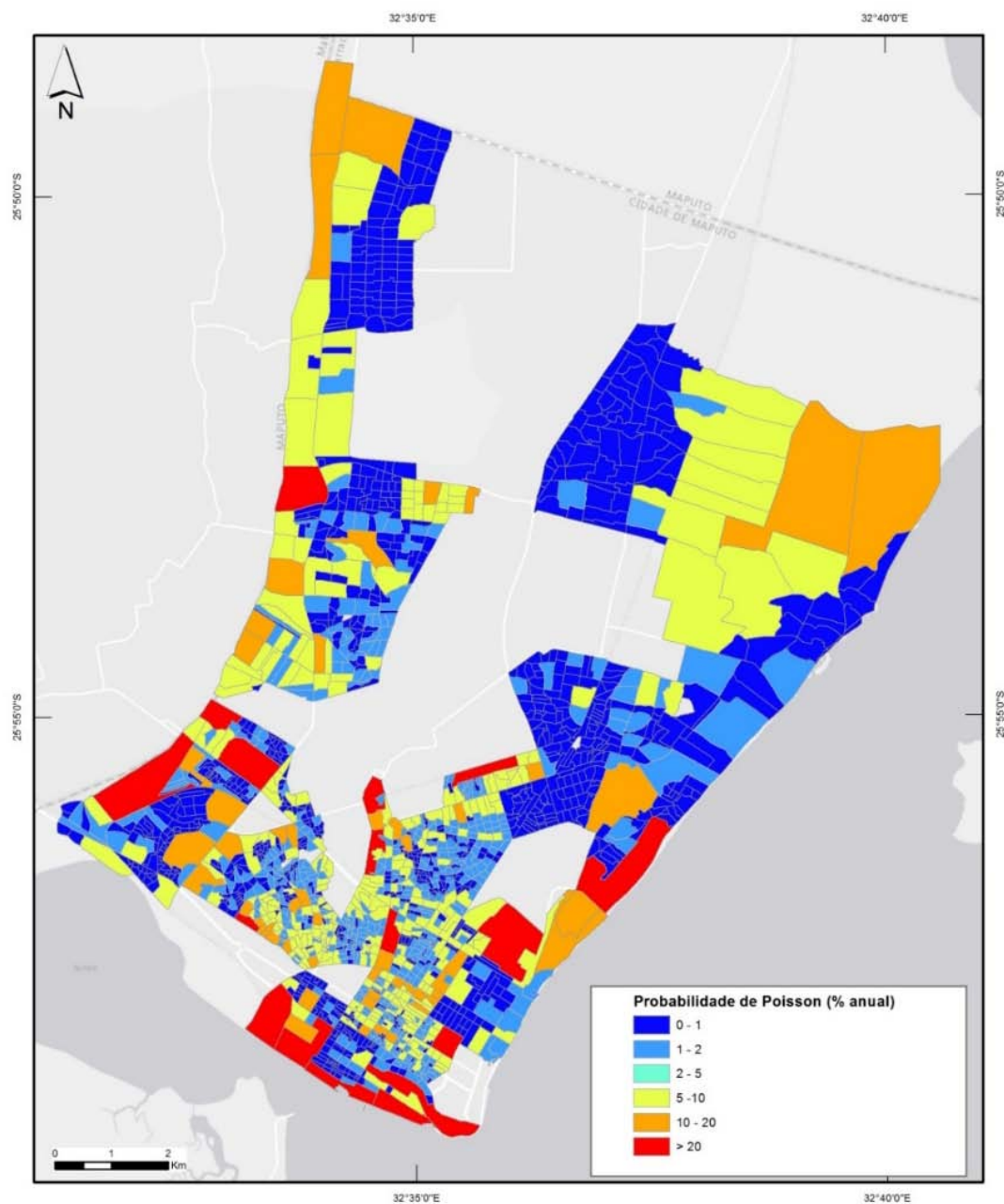
A figura 6.2 mostra a probabilidade de cada espaço geográfico (1779 quarteirões) registar um incêndio no período de um ano. A probabilidade anual de incêndio é relativamente reduzida na maior parte dos quarteirões (1761) situando-se abaixo dos 10 %. No entanto, existe um número significativo de quarteirões (17) nos quais a probabilidade se situa entre os 10 e 30 % e um quarteirão (no bairro do Jardim) que ultrapassa a probabilidade de 50 %.

Com os resultados obtidos e com o recurso ao ArcGIS 10.2 procedeu-se à representação cartográfica das probabilidades anuais dos incêndios ao nível dos quarteirões (Figura 6.3.), tendo sido definidas 6 classes: Muito elevada (> 20 %); Elevada (10-20 %); Moderada (5-10 %); Baixa (2-5 %); Muito Baixa (1-2 %) e Baixíssima (< 1 %).



**Figura 6.2 – Probabilidade anual de ocorrência de incêndios por quarteirão em Maputo.**

A tabela 6.4 sistematiza a distribuição dos quarteirões pelas classes de probabilidade temporal consideradas e permite observar que os quarteirões com probabilidade muito elevada e elevada estão em menor número (6 e 11 respetivamente, correspondendo em conjunto a menos de 1 % do total) enquanto em 51 quarteirões (2,9 % do total) há uma probabilidade moderada de incêndios. A probabilidade baixa regista-se em 275 quarteirões (15,5 % do total), enquanto a maioria dos quarteirões regista uma probabilidade muito baixa (414) e baixíssima (1022), correspondendo respetivamente a 23,3 % e 57,4 % do total das unidades geográficas consideradas neste estudo.



**Figura 6.3 – Probabilidade anual de ocorrência de incêndios nos quarteirões dos bairros do Município de Maputo.**

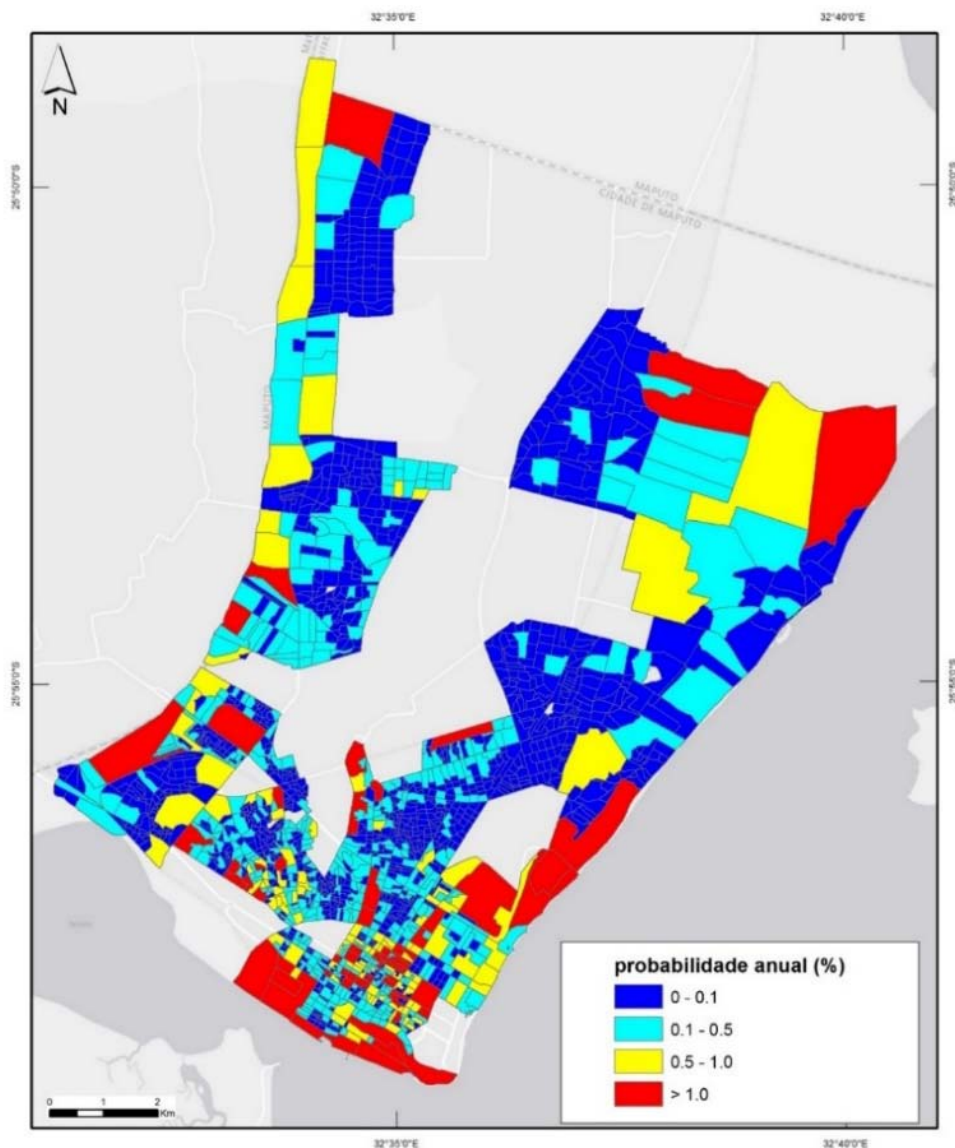
**Tabela 6.4 – Distribuição dos quarteirões da área de estudo pelas classes de probabilidade temporal consideradas.**

<b>Classes de probabilidade temporal</b>	<b>Probabilidade indicativa em %</b>	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>(%)</b>
Muito elevada	> 20	6	0,3
Elevada	10 – 20	11	0,6
Moderada	5 – 10	51	2,9
Baixa	2 – 5	275	15,5
Muito baixa	1 – 2	414	23,3
Baixíssima	< 1	1022	57,4
<b>Total</b>		<b>1779</b>	<b>100,0</b>

#### **6.4 Representação Cartográfica da Perigosidade**

A perigosidade anual para cada quarteirão dos bairros da área de estudo foi determinada através da multiplicação dos resultados finais (probabilidades posteriores) do modelo de suscetibilidade 3, produzido com o método da Regressão Logística com as probabilidades anuais de Poisson, em ambiente SIG. Os resultados obtidos são probabilidades espaço-temporais anuais que permitem quantificar a verosimilhança de ocorrer um incêndio (Figura 6.4).

Com base nos valores das probabilidades anuais foram definidas quatro classes de perigosidade: classe 1 – quarteirões com probabilidade inferior a 0,1 % (Perigosidade Baixa); classe 2 – quarteirões com probabilidade entre 0,1 e 0,5 % (Perigosidade Moderada); classe 3 – quarteirões com probabilidade entre 0,5 e 1 % (Perigosidade Elevada) e classe 4 – quarteirões com probabilidade entre 1 e 15,6 % (Perigosidade Muito Elevada).



**Figura 6.4 – Mapa de perigosidade anual de incêndios por bairro no Município de Maputo.**

A tabela 6.5 quantifica a distribuição dos bairros pelas classes de perigosidade consideradas, verificando-se que a larga maioria dos bairros (1169, correspondentes a 65,7 % do total) tem perigosidade baixa, enquanto 440 bairros (24,7 % do total) apresentam uma perigosidade moderada. Os bairros com perigosidade muito elevada são em número reduzido (62, correspondentes a 3,5 % do

total) e os que têm perigosidade elevada são em número de 108, representando 6,1 % do total dos quarteirões estudados.

**Tabela 6.5 – Distribuição dos quarteirões da área de estudo pelas classes de perigosidade consideradas.**

<b>Classes de perigosidade</b>	<b>Probabilidade anual em %</b>	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>(%)</b>
Muito elevada	> 1	62	3,5
Elevada	0,5 – 1	108	6,1
Moderada	0,1 – 0,5	440	24,7
Baixa	0 – 0,1	1169	65,7
<b>Total</b>		<b>1779</b>	<b>100,0</b>

A tabela 6.6 ilustra a distribuição percentual dos quarteirões de cada bairro pelas classes de perigosidade, confirmando a desigual incidência territorial da perigosidade aos incêndios urbanos. Adicionalmente, verifica-se que a perigosidade tende a ser mais elevada nos bairros mais antigos e mais urbanizados e menor nos bairros suburbanos de Maputo.

Para permitir a ordenação dos bairros de acordo com o nível de perigosidade, utilizaram-se os resultados da tabela 6.6 para o cálculo de um segundo índice de hierarquização (IH2), num procedimento semelhante ao seguido com os modelos de suscetibilidade (ver capítulo 5):

$$IH2 = (CI4 * 2 + CI3 * 1) - (CI2 * 1 + CI1 * 2)$$

Onde *CI1*, *CI2*, *CI3*, *CI4* correspondem, respetivamente, às classes de perigosidade baixa, moderada, elevada e muito elevada.

Como no caso do índice de hierarquização aplicado aos resultados da suscetibilidade, o índice de hierarquização 2 é utilizado exclusivamente para hierarquizar os bairros no que respeita à perigosidade, não sendo conferido qualquer outro significado aos resultados obtidos.

A classificação hierarquizada dos bairros da área de estudo em função da respetiva perigosidade está sistematizada na tabela 6.7, de onde se observa que os bairros com perigosidade mais elevada são: Malhangalene A, Central A, Chamanculo A, Polana Cimento B, Chamanculo B, Malhazine, Central B, Coop e Sommershield com  $IH_2 > -100$ . Seguem-se os bairros Alto Maé B, 25 de Junho A, Urbanização, Central C, FPLM, Mikadjuine, Chamanculo C, Inhagoia B, Xipamanine e Bagamoio com  $IH_2$  compreendido entre -100 e -150. Na parte inferior da tabela encontram-se os bairros Malhangalene B, Jardim, Chamanculo D, Costa do Sol, Mafalala, Maxaquene D, Maxaquene A, 25 de Junho B, Maxaquene C, Zimpeto, Mahotas, Luís Cabral, George Dimitrov, Aeroporto B, Polana Caniço B, Maxaquene B e Ferroviário com  $IH_2$  entre -150 e -195. Estes últimos correspondem, assim, aos bairros de Maputo menos perigosos, no que respeita à ameaça dos incêndios urbanos.

**Tabela 6.6 – Perigosidade aos incêndios urbanos ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de perigosidade.**

<b>Bairros</b>	<b>Classes de Perigosidade</b>			
	<b>Cl1 (Baixa)</b>	<b>Cl2 (Moderada)</b>	<b>Cl3 (Elevada)</b>	<b>Cl4 (Muito Elevada)</b>
Malhangalene A	26,9	19,2	34,6	19,2
Central A	21,3	36,2	23,4	19,1
Chamanculo A	18,5	40,7	37,0	3,7
Polana Cimento B	31,9	29,8	27,7	10,6
Chamanculo B	30,4	39,1	13,0	17,4
Malhazine	0,0	87,5	12,5	0,0
Central B	43,5	29,0	16,1	11,3
Coop	41,9	35,5	16,1	6,5
Sommershield	40,8	38,8	14,3	6,1
Alto Maé B	42,2	42,2	6,7	8,9
25 de Junho A	27,3	63,6	4,5	4,5
Urbanização	42,9	46,4	3,6	7,1
Central C	50,0	39,3	6,0	4,8
FPLM	45,8	50,0	0,0	4,2
Mikadjuine	59,3	29,6	11,1	0,0
Chamanculo C	53,3	42,2	2,2	2,2
Inhagoia B	63,6	27,3	6,1	3,0
Xipamanine	58,6	34,5	5,2	1,7
Bagamoio	69,2	23,1	3,8	3,8
Malhangalene B	63,5	32,7	0,0	3,8
Jardim	66,7	27,8	2,8	2,8
Chamanculo D	80,0	10,0	7,5	2,5
Costa do Sol	75,6	17,1	4,9	2,4
Mafalala	62,1	37,9	0,0	0,0
Maxaquene D	62,5	37,5	0,0	0,0
Maxaquene A	71,9	25,0	1,6	1,6
25 de Junho B	65,2	34,8	0,0	0,0
Maxaquene C	76,2	21,4	2,4	0,0
Zimpeto	86,0	8,6	4,3	1,1
Mahotas	83,3	13,6	0,0	3,0
Luís Cabral	88,8	7,9	3,4	0,0
George Dimitrov	87,3	10,1	2,5	0,0
Aeroporto B	84,1	15,9	0,0	0,0
Polana Caniço B	95,4	2,3	1,1	1,1
Maxaquene B	90,9	9,1	0,0	0,0
Ferroviário	95,2	4,8	0,0	0,0



**Tabela 6.7 – Hierarquização dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização (IH2) da perigosidade a incêndios urbanos.**

Bairros	Nº de quarteirões	IH2
Malhangalene A	26	0,0
Central A	47	-17,0
Chamanculo A	27	-33,3
Polana Cimento B	47	-44,7
Chamanculo B	23	-52,2
Malhazine	16	-75,0
Central B	62	-77,4
Coop	31	-90,3
Sommershield	49	-93,9
Alto Maé B	45	-102,2
25 de Junho A	22	-104,5
Urbanização	28	-114,3
Central C	84	-123,8
FPLM	24	-133,3
Mikadjuine	27	-137,0
Chamanculo C	45	-142,2
Inhagoia B	33	-142,4
Xipamanine	58	-143,1
Bagamoio	26	-150,0
Malhangalene B	52	-151,9
Jardim	36	-152,8
Chamanculo D	40	-157,5
Costa do Sol	41	-158,5
Mafalala	58	-162,1
Maxaquene D	40	-162,5
Maxaquene A	64	-164,1
25 de Junho B	46	-165,2
Maxaquene C	42	-171,4
Zimpeto	93	-174,2
Mahotas	66	-174,2
Luís Cabral	89	-182,0
George Dimitrov	79	-182,3
Aeroporto B	44	-184,1
Polana Caniço B	87	-189,7
Maxaquene B	77	-190,9
Ferrovário	105	-195,2
Total	1779	



## **7. Vulnerabilidade Estrutural e Risco Específico a Incêndios Urbanos no Município de Maputo**

### **7.1 Introdução**

No presente capítulo, aborda-se a vulnerabilidade estrutural ou capacidade de suporte, avaliada para os bairros do Município de Maputo que constituem a área de estudo, com base em análise multicritério e modelação em ArcGIS 10.2. Os resultados da vulnerabilidade estrutural, depois de combinados com a perigosidade (determinada no capítulo 6), permitem a determinação do risco específico na área de estudo.

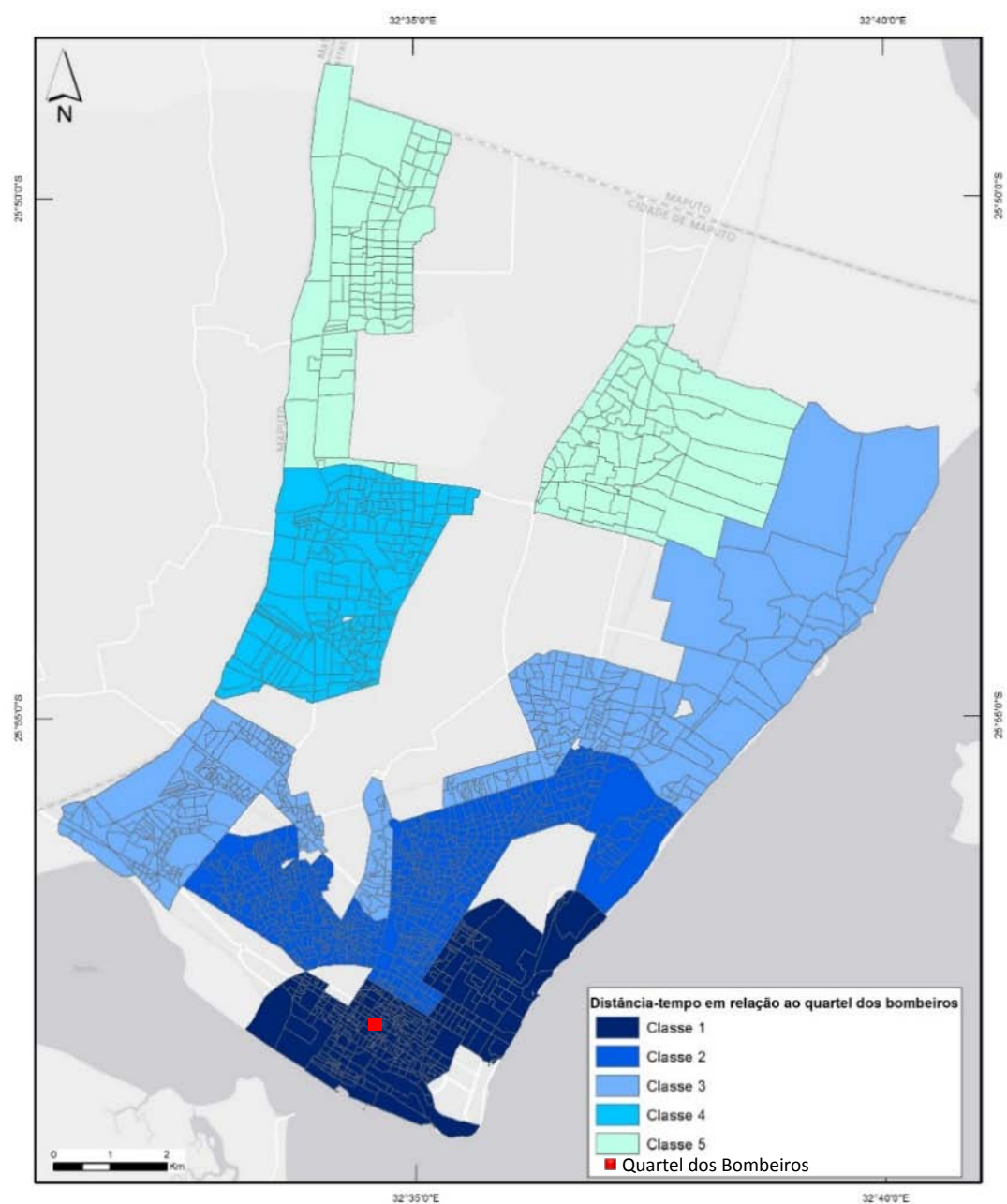
### **7.2 Variáveis Utilizadas na Avaliação da Vulnerabilidade Estrutural a Incêndios Urbanos**

Na avaliação da vulnerabilidade estrutural a incêndios urbanos nos bairros da área do estudo utilizaram-se cinco variáveis independentes seleccionadas em função da disponibilidade de dados e da importância assumida, ao nível das consequências em caso de uma ocorrência de incêndio: distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros, acessibilidade, existência de estabelecimentos especiais, existência de espaços de manobra, e existência de pontos de água. Nas subsecções seguintes descreve-se cada variável e é apresentada a respetiva representação cartográfica, a nível das unidades territoriais consideradas na presente tese.

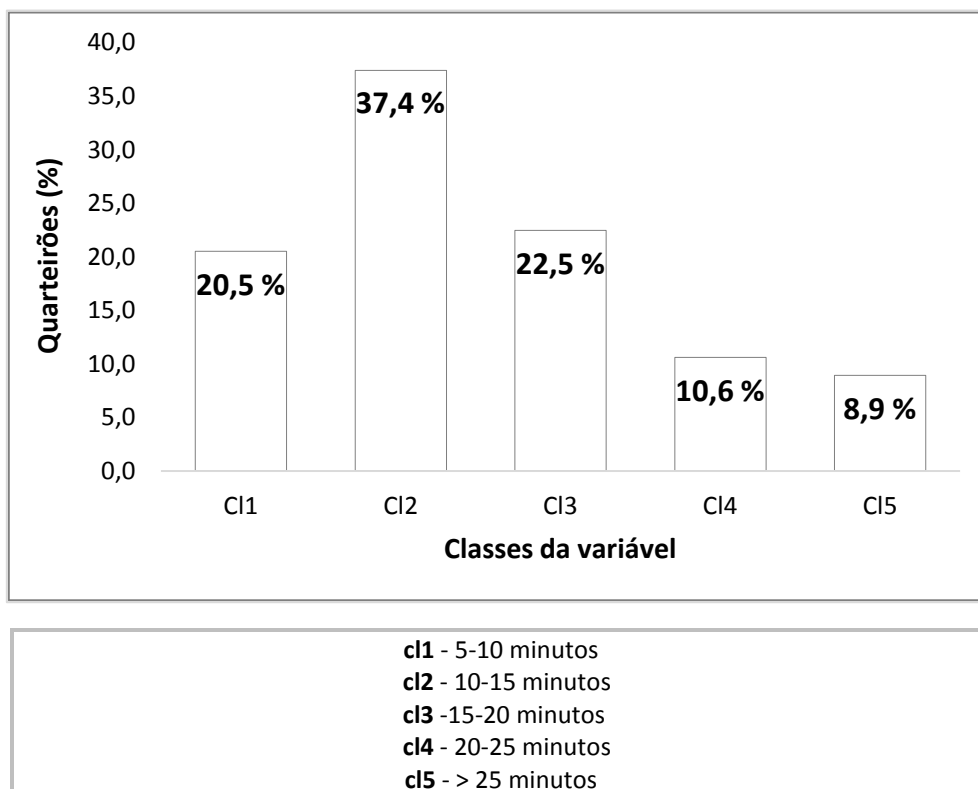
### **7.2.1 Distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros**

A “distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros” é uma variável que se admite exercer influência na capacidade de resposta durante e na pós-ocorrência, dependente da distância que separa o quartel dos bombeiros de cada unidade geográfica considerada, ponderados as vias de acesso e o tráfego rodoviário típico.

As figuras 7.1 e 7.2 representam a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com a distância-tempo relativamente ao quartel dos bombeiros situado no bairro Central B (Figura 7.1) que era, à data do período analisado, o único quartel de bombeiros de Maputo. Cerca de 20,5 % dos quarteirões situa-se a uma distância-tempo entre 5 e 10 minutos do quartel dos bombeiros. A maioria dos quarteirões (37,4 % do total) localiza-se a uma distância-tempo entre 10 e 15 minutos do quartel, enquanto os quarteirões situados a uma distância entre 15 e 20 minutos ocupam uma posição secundária, equivalente a 22,5 % do total. Verifica-se ainda que 10,6 % do total dos quarteirões estudados encontra-se a uma distância entre 20 e 25 minutos do quartel dos bombeiros, enquanto 8,9 % dos quarteirões encontram-se a mais de 25 minutos, sendo os mais afastados fisicamente do quartel dos bombeiros.



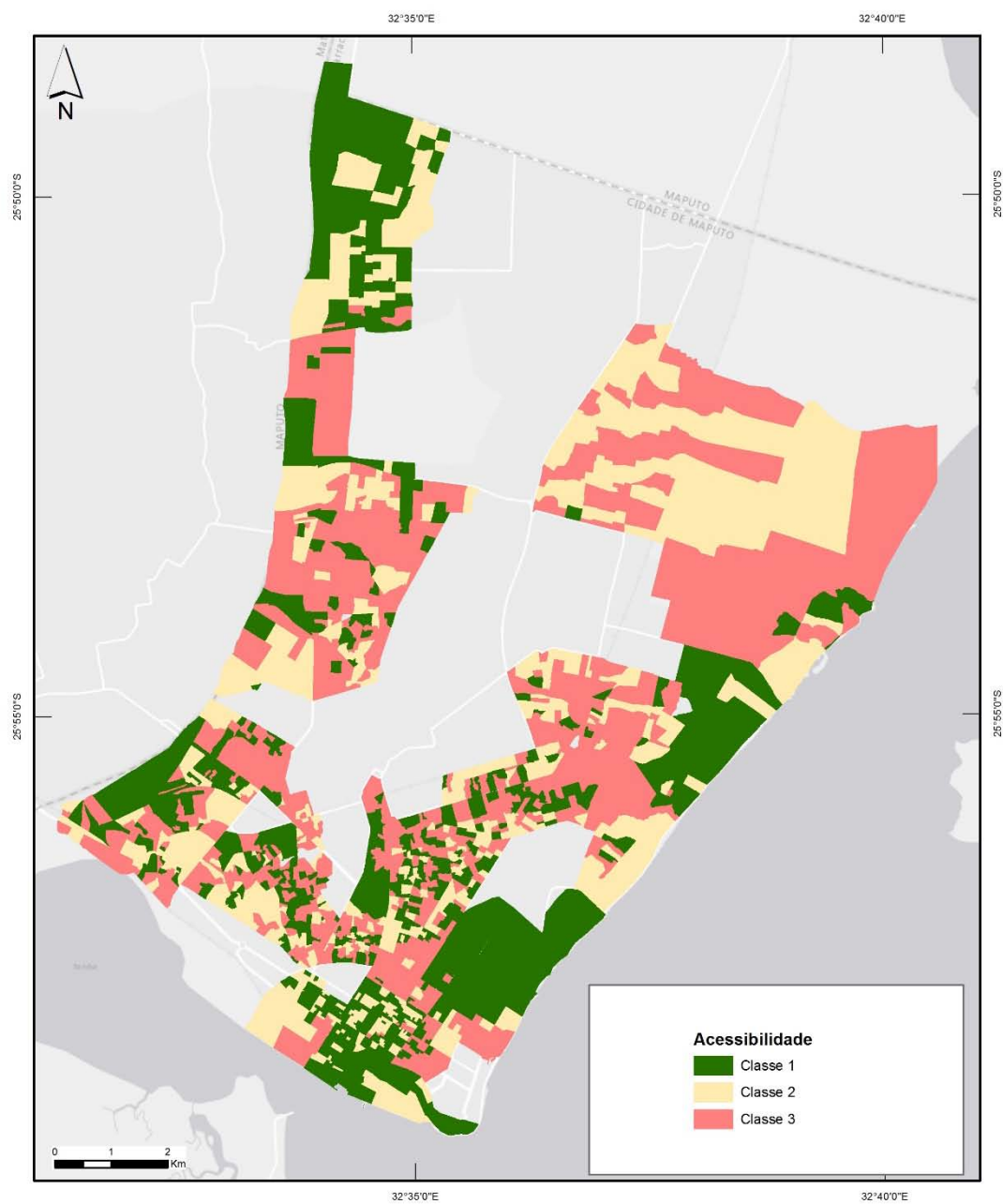
**Figura 7.1 – Representação espacial da variável “distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros”.**



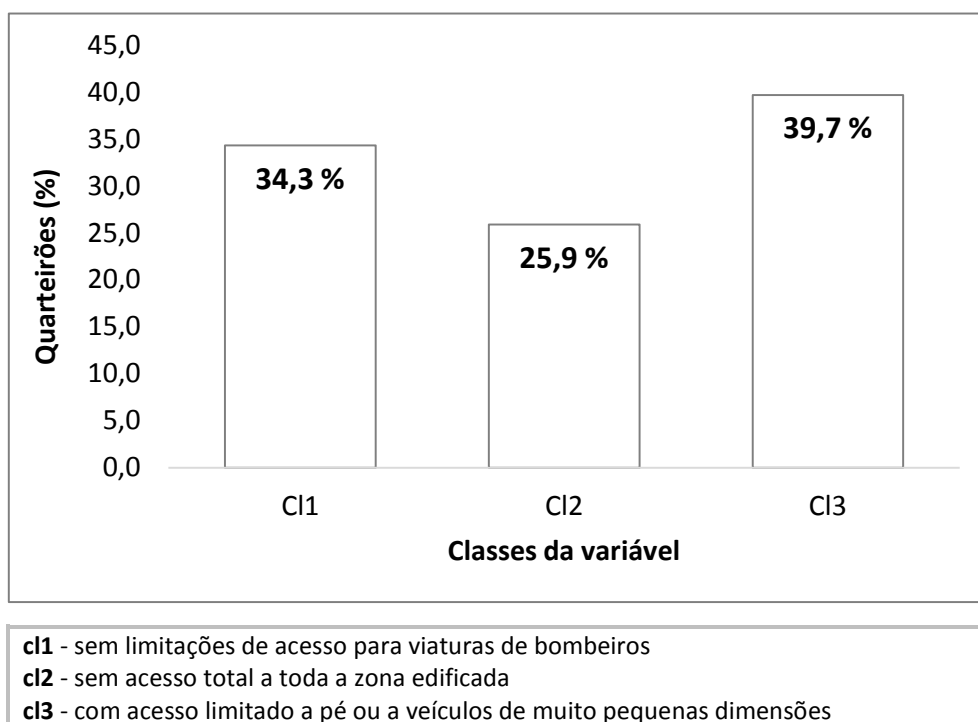
**Figura 7.2 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “distância tempo em relação ao quartel dos bombeiros”.**

### **7.2.2 Acessibilidade**

A “acessibilidade” dos quarteirões tem influência na circulação dos veículos de socorro como ambulâncias e de combate a incêndios, sendo por isso um fator relevante no momento pós alerta da ocorrência. As figuras 7.3 e 7.4 ilustram a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com a sua acessibilidade a veículos interessados na proteção civil e no socorro, constatando-se que a maioria dos quarteirões (39,7 % do total) apresenta-se com acesso limitado a pé ou a veículos de muito pequenas dimensões. Adicionalmente, 25,9 % dos quarteirões não tem qualquer acesso a veículos em toda a zona edificada, enquanto os quarteirões sem limitações de acesso para viaturas de bombeiros representam apenas 34,3 % do total.



**Figura 7.3 – Representação espacial da variável “acessibilidade”.**



**Figura 7.4 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “acessibilidade”.**

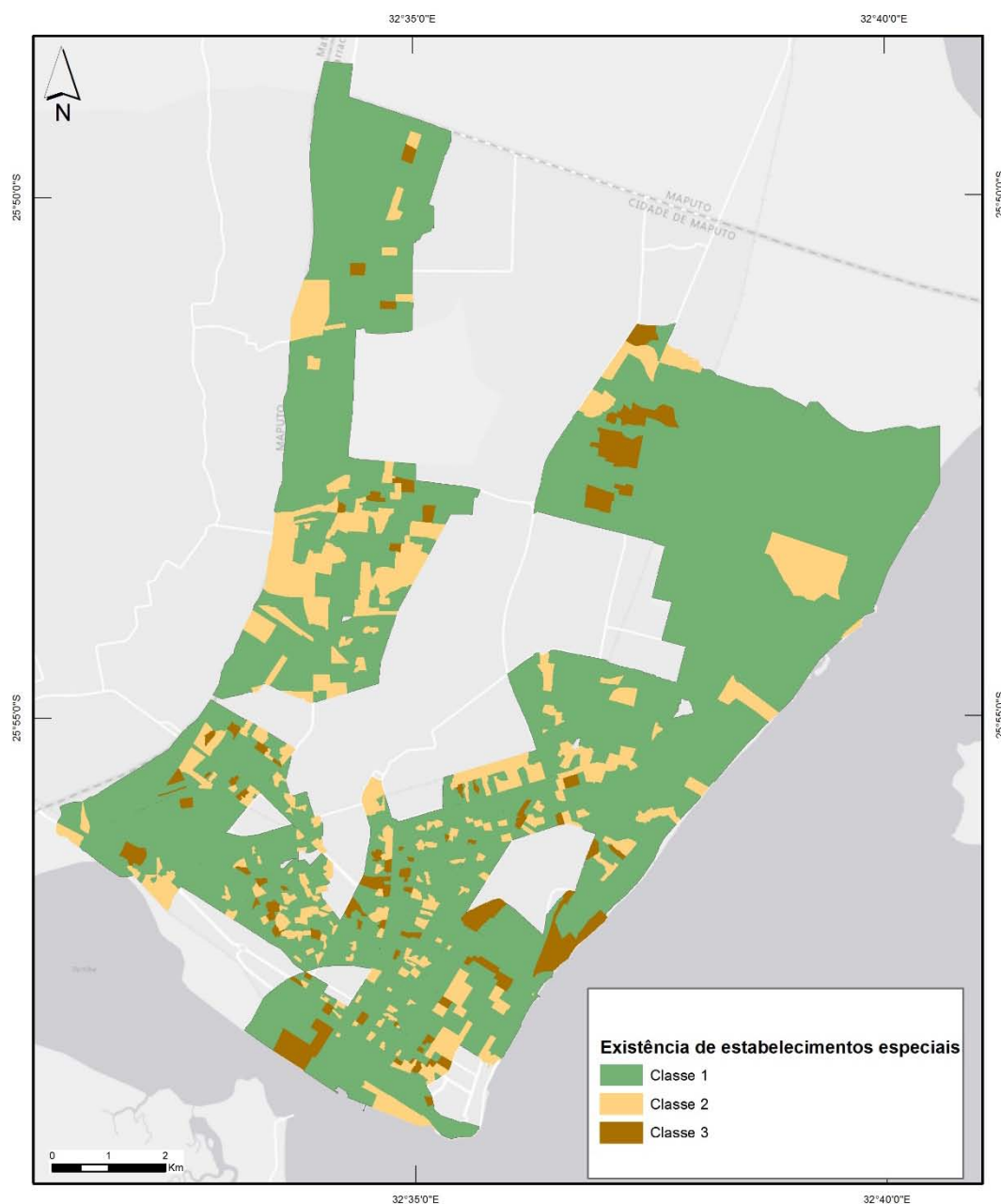
### **7.2.3 Existência de estabelecimentos especiais**

A variável “existência de estabelecimentos especiais” refere-se à presença ou ausência, na unidade territorial quarteirão, de estabelecimentos que, pela sua natureza, representam um risco potencial acrescido em caso de ocorrência de um incêndio. Os estabelecimentos especiais considerados incluem hospitais, creches, estabelecimentos prisionais, lares de idosos e lares de estudantes.

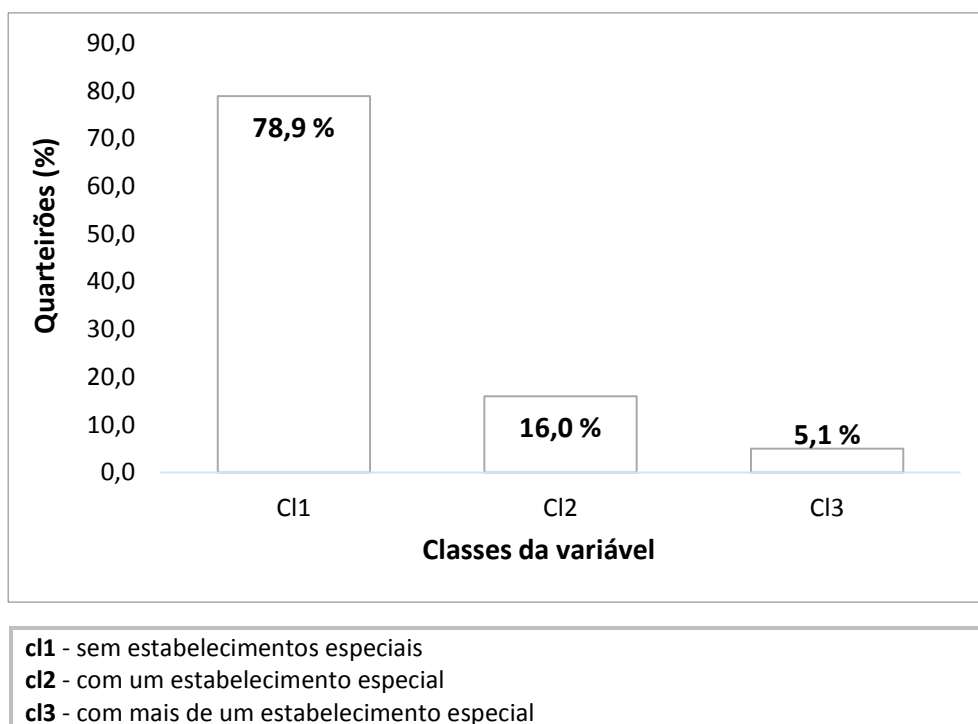
As figuras 7.5 e 7.6 representam a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com os estabelecimentos especiais presentes, verificando-se que a maioria dos quarteirões (78,9 % do total) não inclui qualquer estabelecimento especial considerado. Pelo contrário, 16,0 % dos quarteirões tem um dos



estabelecimentos especiais e 5,1 % dos quarteirões tem implantado mais de um desses estabelecimentos.



**Figura 7.5 – Representação espacial da variável “existência de estabelecimentos especiais”.**

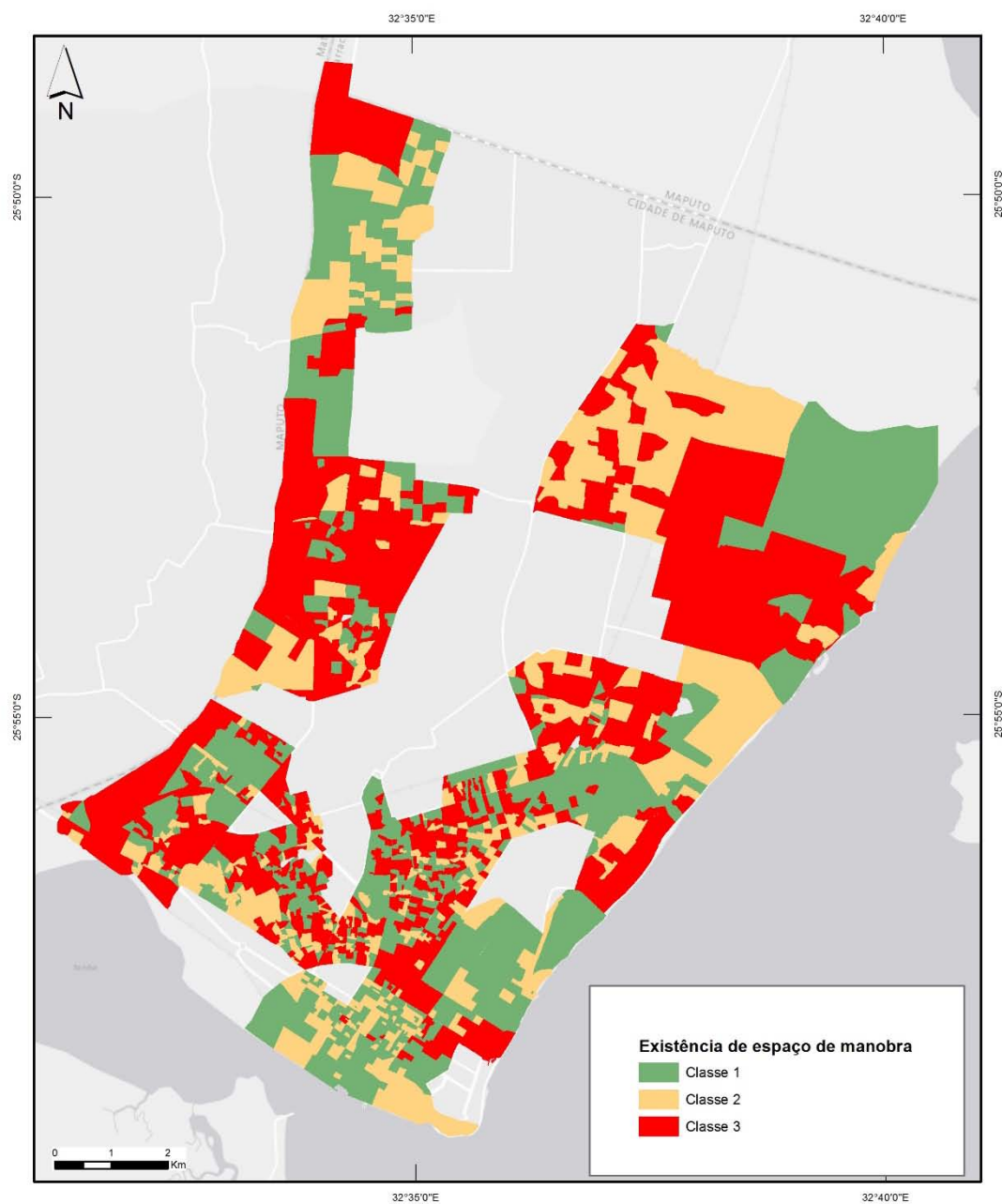


**Figura 7.6 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “existência de estabelecimentos especiais”.**

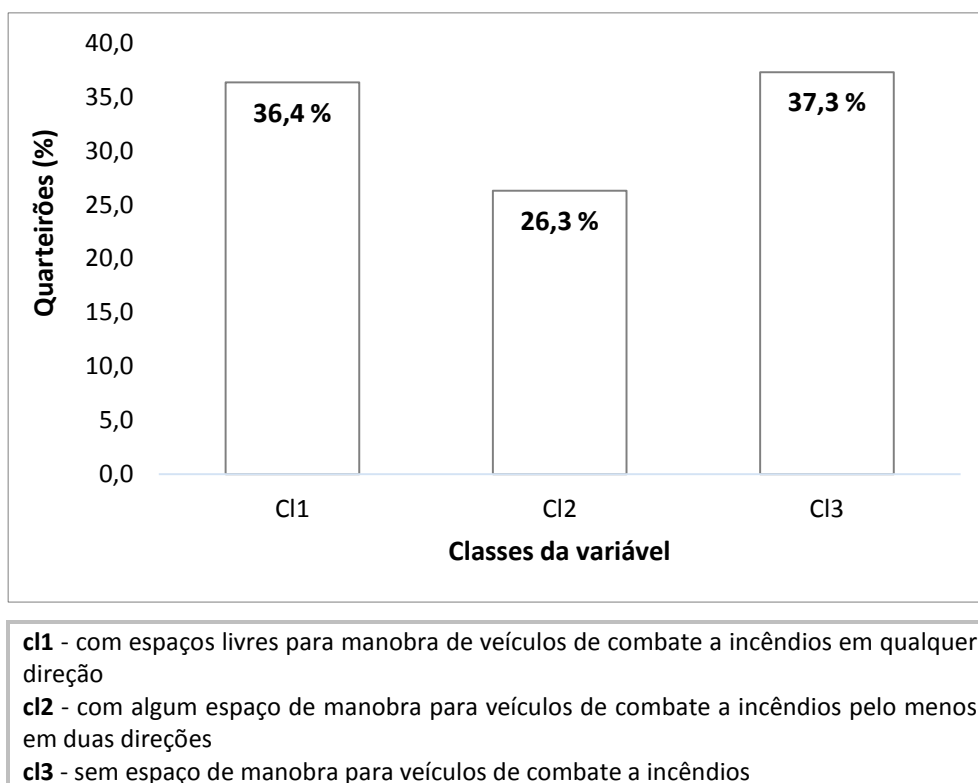
#### **7.2.4 Existência de espaços de manobra**

A variável “existência de espaços de manobra” relaciona-se com o ordenamento das vias que permitam (ou não) a movimentação e as manobras de veículos de combate a incêndios e de socorro na unidade geográfica quarteirão. As figuras 7.7 e 7.8 mostram a distribuição dos quarteirões da área de estudo classificados de acordo com esta variável. Verifica-se que a maior parte dos quarteirões (37,3 % do total) não apresenta espaços de manobra para veículos de combate a incêndios, enquanto 26,3 % dos quarteirões estudados dispõe de algum espaço de manobra para veículos de combate a incêndios pelo menos em duas direções. Os quarteirões com espaços livres para

manobra de veículos de combate a incêndios em qualquer direção representam 36,4 % do total.



**Figura 7.7 – Representação espacial da variável “existência de espaço de manobra”.**



**Figura 7.8 – Distribuição dos quarteirões pelas classes da variável “existência de espaço de manobra”.**

### 7.2.5 Existência de pontos de água

A “existência de pontos de água” numa determinada área influencia na capacidade operativa dos bombeiros perante um determinado incêndio pois reduz o tempo de abastecimento para regressarem ao local da ocorrência, sendo por isso um fator relevante na avaliação da vulnerabilidade. As figuras 7.9 e 7.10 apresentam a distribuição dos quarteirões da área de estudo, classificados de acordo com a existência ou não de pontos de água, e permitem observar que a esmagadora maioria (96,1 % do total dos quarteirões estudados) não dispõe de qualquer ponto de água que possa ser usado pelos bombeiros no combate a incêndios. Em contrapartida, 3,9 % do total dos quarteirões contam com pelo menos um ponto de água, com destaque para os quarteirões situados no setor NW da área estudada.

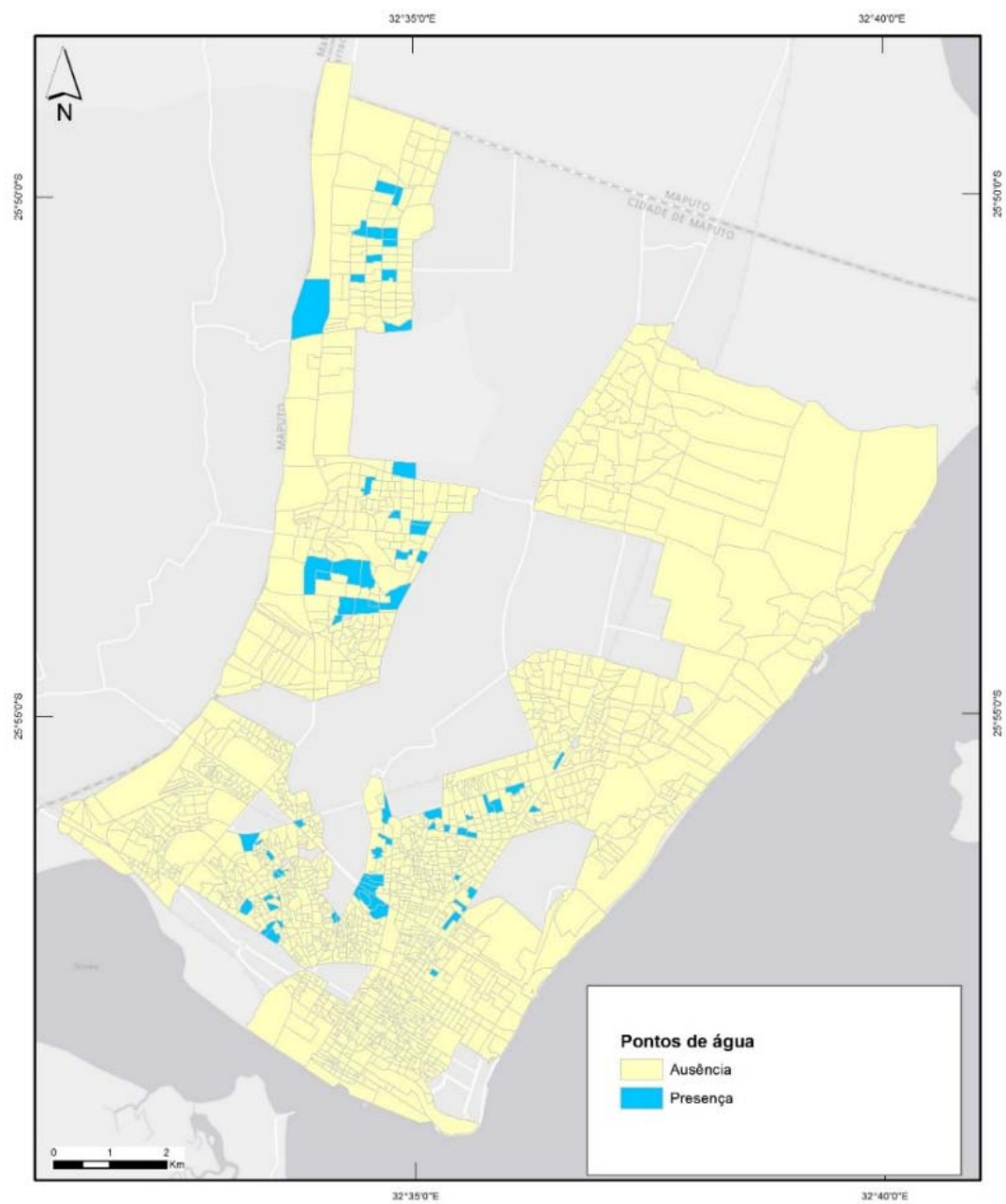
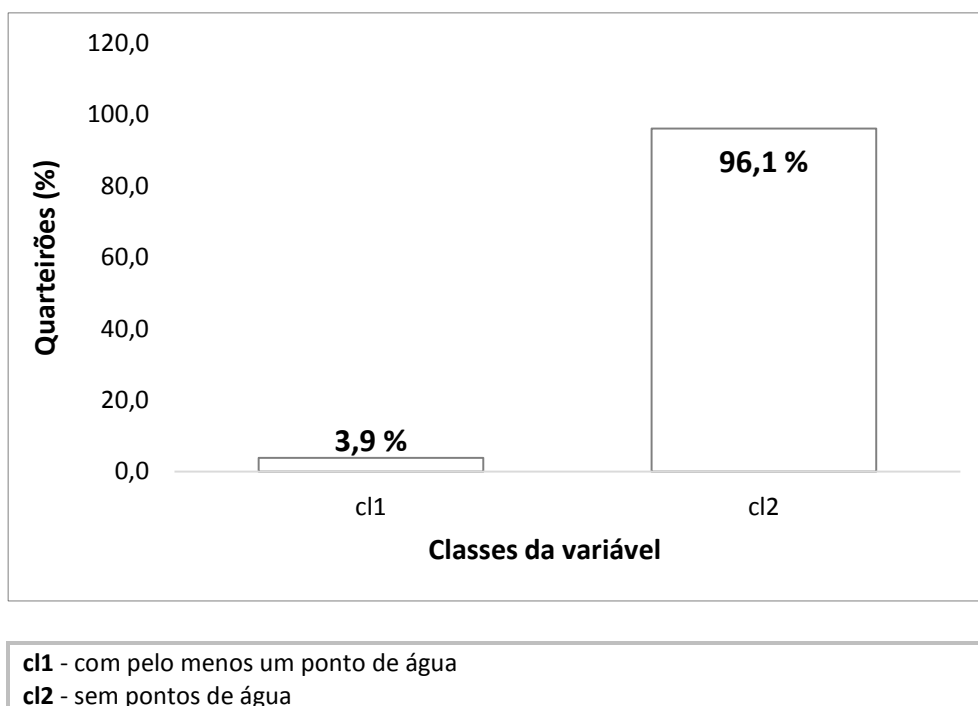


Figura 7.9 – Representação espacial da variável “existência de pontos de água”.



**Figura 7.10 – Distribuição percentual dos quarteirões pelas classes da variável “existência de pontos de água”.**

### **7.3 Análise Multicritério para Ponderação das Variáveis Indicadoras da Vulnerabilidade Estrutural**

As variáveis descritas na secção anterior foram hierarquizadas e ponderadas, em função da importância presumida no controlo da vulnerabilidade estrutural (Tabela 7.1). Considerou-se que as variáveis (i) distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros e (ii) acessibilidade são as que mais influenciam a vulnerabilidade estrutural, tendo sido atribuído um score de 0,3 (em 1) a cada variável. Deste modo, assume-se que estes dois critérios, em conjunto, determinam 60 % da vulnerabilidade estrutural dos quarteirões de Maputo, face aos incêndios urbanos. A variável (iv) existência de espaços de manobra foi ponderada com um *score* de 0,2, enquanto as variáveis (iii) existência de estabelecimentos especiais e (v) existência de pontos de

água foram consideradas as menos importantes, tendo-lhes sido atribuído um *score* de 0,1. Registe-se que a soma dos *scores* dos critérios totaliza o valor de 1.

**Tabela 7.1 – Ponderação das variáveis e respetivas classes na Análise Multicritério para avaliação da vulnerabilidade estrutural dos quarteirões do Município de Maputo.**

Variável	Peso da variável	Classes	Peso da classe	Score final da classe
Distância-tempo em relação ao quartel dos bombeiros	0,3	Cl1: 5-10 min.	0,2	0,06
		Cl2: 10-15 min.	0,4	0,12
		Cl3: 15-20 min.	0,6	0,18
		Cl4: 20-25 min.	0,8	0,24
		Cl5: > 25 min.	1,0	0,30
Acessibilidade	0,3	Cl1: sem limitações de acesso para viaturas de bombeiros	0,0	0,00
		Cl2: sem acesso total a toda a zona edificada	0,5	0,15
		Cl3: com acesso limitado a pé ou a veículos de muito pequenas dimensões	1,0	0,30
Existência de estabelecimentos especiais	0,1	Cl1: sem estabelecimentos especiais	0,0	0,00
		Cl2: com um estabelecimento especial	0,5	0,05
		Cl3: com mais de um estabelecimento especial	1,0	0,10
Existência de espaços de manobra	0,2	Cl1: com espaços livres para manobra de veículos de combate a incêndios em qualquer direção	0,0	0,00
		Cl2: com algum espaço de manobra para veículos de combate a incêndios pelo menos em duas direções	0,5	0,10
		Cl3: sem espaço de manobra para veículos de combate a incêndios	1,0	0,20
Existência de pontos de água	0,1	Cl1: com pelo menos um ponto de água	0,0	0,00
		Cl2: sem pontos de água	1,0	0,10

Seguidamente, procedeu-se à ponderação das classes de cada critério ou variável. As 16 classes identificadas na tabela 3.2 foram ponderadas entre 1 e 0 (zero) em função

do seu contributo para a vulnerabilidade estrutural ao incêndio urbano, onde 1 representa uma contribuição máxima e 0 (zero) representa uma contribuição nula.

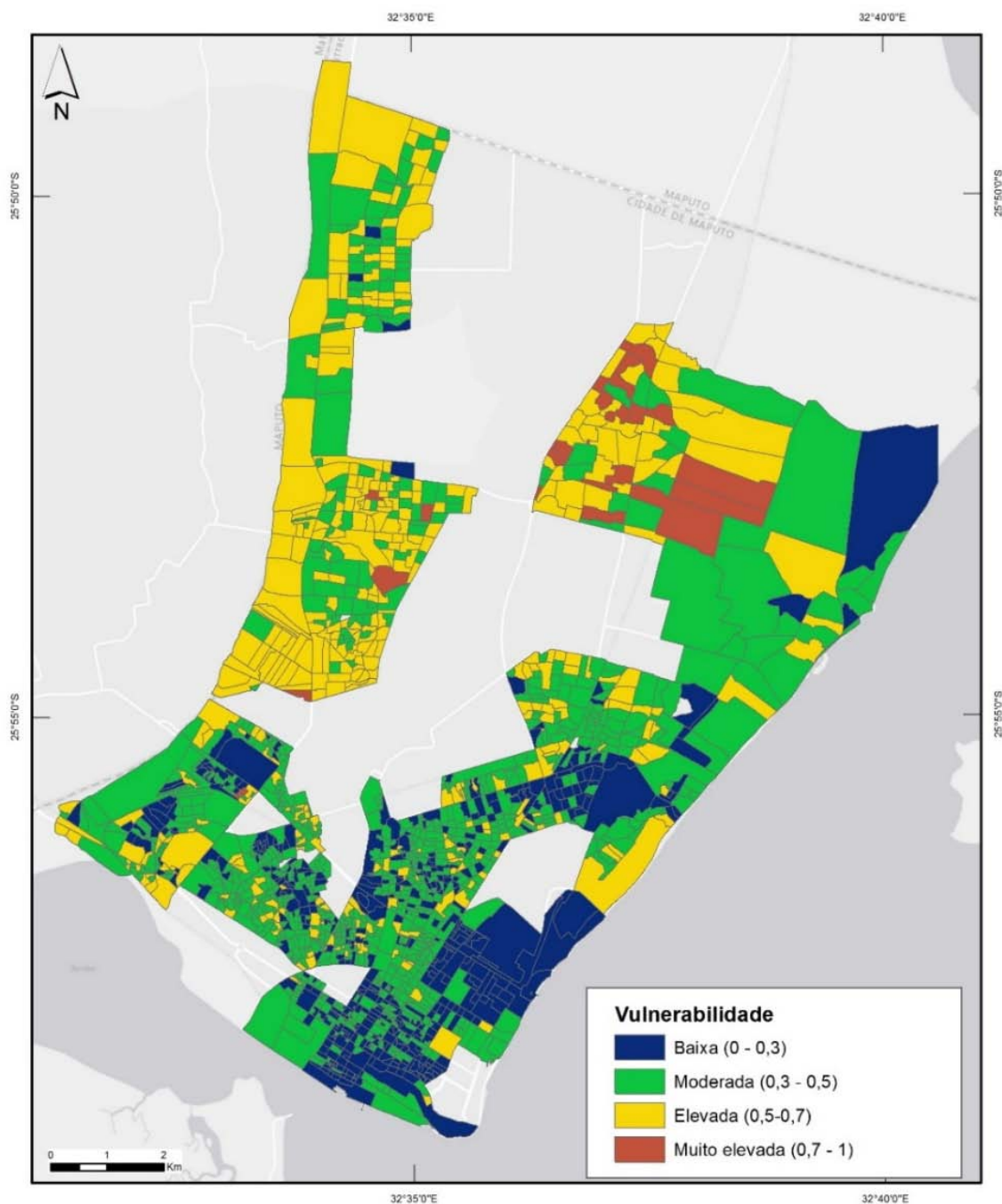
Na última fase, efetuou-se a agregação final dos scores parciais registados em cada quarteirão, por adição linear dos critérios ponderados, com recurso ao ArcGIS 10.2. O resultado final da vulnerabilidade estrutural está compreendido entre 0 e 1, onde 1 corresponde à situação mais desfavorável da vulnerabilidade estrutural ou territorial.

Como é evidente, a atribuição dos pesos às variáveis e às classes que as compõem reveste-se de alguma subjetividade e essa é a maior limitação a apontar à metodologia utilizada.

#### **7.4 Elaboração do Mapa da Vulnerabilidade Estrutural a Incêndios Urbanos e Agregação dos Resultados ao nível do Bairro**

A figura 7.11 representa a vulnerabilidade estrutural dos quarteirões do Município de Maputo, determinada pela Análise Multicritério descrita na secção anterior. Com base nos valores obtidos definiram-se quatro classes de vulnerabilidade: classe 1 – Vulnerabilidade Baixa ( $V = 0 - 0,3$ ); classe 2 – Vulnerabilidade Moderada ( $V = 0,3 - 0,5$ ); classe 3 – Vulnerabilidade Elevada ( $V = 0,5 - 0,7$ ); e classe 4 – Vulnerabilidade Muito Elevada ( $V = 0,7 - 1$ ).





**Figura 7.11 – Distribuição da vulnerabilidade a incêndios pelos bairros do Município de Maputo”.**

A tabela 7.2 sistematiza os quarteirões por classes de vulnerabilidade, verificando-se que a maioria dos quarteirões (778, correspondente a 43,7 % do total) apresenta uma

vulnerabilidade moderada, enquanto 594 quarteirões (33,4 % do total) apresentam uma vulnerabilidade elevada. Os quarteirões com vulnerabilidade muito elevada são em menor número (86, correspondente a 4,9 % do total), enquanto 321 quarteirões (18,0 % do total) apresentam vulnerabilidade baixa.

**Tabela 7.2 – Número de quarteirões por classe de vulnerabilidade.**

Vulnerabilidade			
Classes	Valores	Nº de quarteirões	%
Muito Elevada	0,7 – 1	86	4,9
Elevada	0,5 – 0,7	594	33,4
Moderada	0,3 – 0,5	778	43,7
Baixa	0 – 0,3	321	18,0
<b>Total</b>		<b>1779</b>	<b>100</b>

A tabela 7.3 sistematiza os resultados da vulnerabilidade estrutural, agregados ao nível do bairro, tomando em consideração a distribuição percentual dos quarteirões pelas quatro classes de vulnerabilidade consideradas. Como no caso da suscetibilidade, também os resultados da vulnerabilidade mostram uma incidência espacial contrastada no que respeita à sua distribuição pelos bairros do Município de Maputo.

Para facilitar a comparação e hierarquização dos bairros de acordo com o nível de vulnerabilidade, utilizou-se o Índice de Hierarquização (IH3), equivalente ao aplicado aos resultados da perigosidade (ver capítulo 6):

$$IH3 = (CI4 * 2 + CI3 * 1) - (CI2 * 1 + CI1 * 2)$$

Onde *CI1*, *CI2*, *CI3*, *CI4* correspondem, respetivamente, às classes de vulnerabilidade baixa, moderada, elevada e muito elevada.

**Tabela 7.3 – Vulnerabilidade estrutural aos incêndios ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe de vulnerabilidade.**

Bairros	Classes de Vulnerabilidade			
	CI1 (Baixa)	CI2 (Moderada)	CI3 (Elevada)	CI4 (Muito Elevada)
25 de Junho A	0,0	9,1	86,4	4,5
25 de Junho B	0,0	21,7	78,3	0,0
Aeroporto B	0,0	22,7	72,7	4,5
Alto Maé B	13,3	77,8	8,9	0,0
Bagamoio	0,0	42,3	53,8	3,8
Central A	34,0	63,8	2,1	0,0
Central B	30,6	67,7	1,6	0,0
Central C	58,3	39,3	2,4	0,0
Chamanculo A	3,7	51,9	44,4	0,0
Chamanculo B	0,0	26,1	73,9	0,0
Chamanculo C	8,9	57,8	31,1	2,2
Chamanculo D	52,5	40,0	7,5	0,0
Coop	100,0	0,0	0,0	0,0
Costa do Sol	0,0	61,0	39,0	0,0
Ferrovário	0,0	28,6	68,6	2,9
FPLM	0,0	37,5	58,3	4,2
George Dimitrov	0,0	16,5	67,1	16,5
Inhagoia B	0,0	42,4	57,6	0,0
Jardim	0,0	72,2	25,0	2,8
Luís Cabral	0,0	42,7	56,2	1,1
Mafalala	19,0	53,4	25,9	1,7
Mahotas	0,0	1,5	34,8	63,6
Malhangalene A	7,7	80,8	11,5	0,0
Malhangalene B	7,7	67,3	25,0	0,0
Malhazine	0,0	50,0	37,5	12,5
Maxaquene A	25,0	53,1	20,3	1,6
Maxaquene B	31,2	53,2	15,6	0,0
Maxaquene C	23,8	54,8	21,4	0,0
Maxaquene D	22,5	52,5	25,0	0,0
Mikadjuine	11,1	55,6	33,3	0,0
Polana Caniço B	28,7	42,5	28,7	0,0
Polana Cimento B	53,2	42,6	4,3	0,0
Sommershield	44,9	53,1	2,0	0,0
Urbanização	17,9	50,0	32,1	0,0
Xipamanine	31,0	48,3	20,7	0,0
Zimpeto	0,0	35,5	47,3	17,2

Os IH3 calculados e a hierarquia obtida estão representados na tabela 7.4. Observa-se que os bairros mais vulneráveis a incêndios são: Mahotas, 25 de Junho A, George Dimitrov, Aeroporto B, 25 de Junho B, Chamanculo B, Zimpeto, Ferroviário, FPLM, Bagamoio, Luís Cabral, Inhagoia B e Malhazine com IH3 positivos. Numa posição mediana da tabela e com IH3 entre -1 e -100 encontram-se os bairros Chamanculo A, Costa do Sol, Chamanculo C, Jardim, Mikadjuine, Urbanização, Malhangalene B, Mafalala, Polana Caniço B, Maxaquene D, Maxaquene A, Maxaquene C, Malhangalene A, Xipamanine, Alto Maé B e Maxaquene B. Os bairros menos vulneráveis aos incêndios urbanos, com IH inferior a -100 integram Central B, Central A, Chamanculo D, Sommershield, Polana Cimento B, Central C e Coop.

A hierarquia dos bairros de Maputo no que respeita à vulnerabilidade estrutural aos incêndios urbanos permite definir os grandes agrupamentos de bairros, quanto à respetiva capacidade de suporte. A distribuição da vulnerabilidade pelo território mostra que, em regra, os bairros suburbanos são mais vulneráveis que os da zona urbana, facto que pode ser explicado pelo fraco ordenamento territorial da zona suburbana (que se traduz nas reduzidas acessibilidades e na exiguidade de espaços de manobra para os agentes de proteção civil) e pela distância-tempo que a separa do quartel dos bombeiros, critérios de maior peso utilizados na análise da vulnerabilidade estrutural.

**Tabela 7.4 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização (IH3) da vulnerabilidade estrutural a incêndios urbanos.**

Bairros	Nº de quarteirões	IH3
Mahotas	66	160,6
25 de Junho A	22	86,4
George Dimitrov	79	83,5
Aeroporto B	44	59,1
25 de Junho B	46	56,5
Chamanculo B	23	47,8
Zimpeto	93	46,2
Ferroviário	105	45,7
FPLM	24	29,2
Bagamoio	26	19,2
Luís Cabral	89	15,7
Inhagoia B	33	15,2
Malhazine	16	12,5
Chamanculo A	27	-14,8
Costa do Sol	41	-22,0
Chamanculo C	45	-40,0
Jardim	36	-41,7
Mikadjuine	27	-44,4
Urbanização	28	-53,6
Malhangalene B	52	-57,7
Mafalala	58	-62,1
Polana Caniço B	87	-71,3
Maxaquene D	40	-72,5
Maxaquene A	64	-79,7
Maxaquene C	42	-81,0
Malhangalene A	26	-84,6
Xipamanine	58	-89,7
Alto Maé B	45	-95,6
Maxaquene B	77	-100,0
Central B	62	-127,4
Central A	47	-129,8
Chamanculo D	40	-137,5
Sommersshield	49	-140,8
Polana Cimento B	47	-144,7
Central C	84	-153,6
Coop	31	-200,0
<b>Total</b>	<b>1779</b>	

## 7.5 Análise do Risco Específico a Incêndios Urbanos no Município de Maputo

Conforme foi amplamente discutido no capítulo 1, para efeitos desta tese, o risco é entendido como a probabilidade de ocorrência de um evento perigoso e a respetiva estimativa das suas consequências. A análise do risco é um processo que implicou primeiro a determinação da perigosidade (probabilidade temporal e espacial/suscetibilidade) e da vulnerabilidade estrutural, duas componentes fundamentais neste processo.

Devido a limitações práticas na precisa identificação e valoração dos elementos expostos, os resultados da análise feita nesta tese configuram o denominado risco específico que, segundo Garcia (2012, p. 353) “é o grau de dano associado a um fenómeno o qual resulta da conjugação da perigosidade e da vulnerabilidade dos elementos expostos sem ter em conta o seu valor”. O risco específico foi calculado para cada quarteirão dos bairros de Maputo multiplicando os resultados finais da Perigosidade pelos da Vulnerabilidade estrutural em ambiente SIG, conforme a seguinte equação:

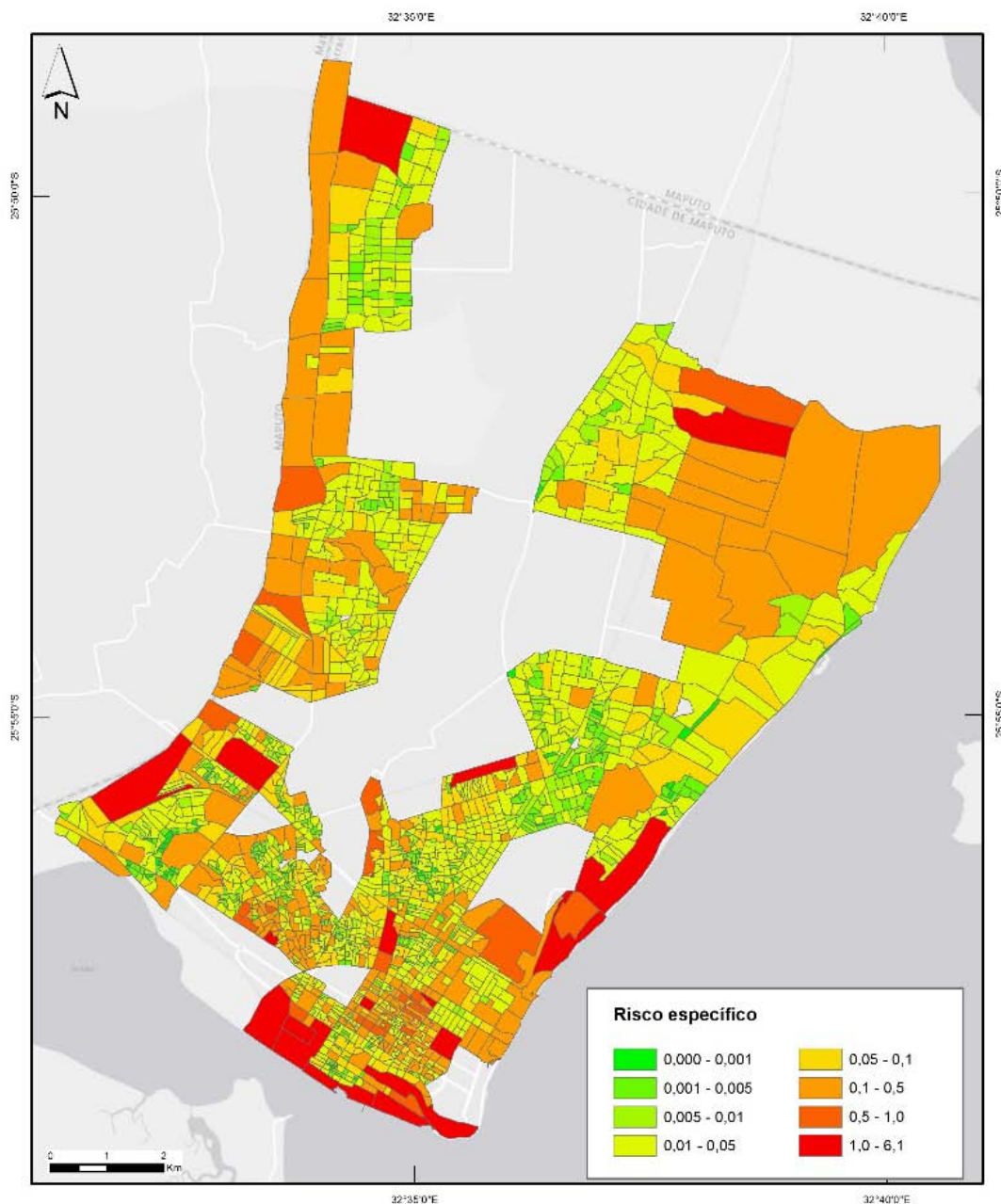
$$R = P * V$$

Onde:

$P$  – é a probabilidade de ocorrência de um incêndio num determinado quarteirão, num dado período temporal (1 ano), e

$V$  – é a vulnerabilidade a incêndios desse quarteirão.

A figura 7.12 mostra o mapa de risco específico a incêndios dos quarteirões de Maputo, classificado em 8 classes quantitativas. Para facilitar a análise, estas classes foram agrupadas em 5 classes qualitativas: classe 1 – Risco Muito Baixo (0 – 0,005); classe 2 – Risco Baixo (0,005 – 0,05); classe 3 Risco Moderado (0,05 – 0,5); classe 4 – Risco Elevado (0,5 – 1) e classe 5 – Risco Muito Elevado (> 1).



**Figura 7.12 – Mapa do risco específico a incêndios urbanos no Município de Maputo.**

A tabela 7.5 contabiliza os bairros pelas classes qualitativas de risco específico, permitindo constatar que 18 bairros, correspondentes a 1,1 % do total, têm risco muito elevado, enquanto 25 bairros (1,4 % do total) apresentam risco elevado. A

maioria dos bairros (995, correspondentes a 55,9 % do total) tem risco baixo, enquanto o risco moderado está presente em 445 bairros (25 % do total). O risco muito baixo incide sobre 296 bairros (16,6 % do total).

A tabela 7.6 sistematiza os resultados do risco específico agregados ao nível do bairro, tomando em consideração a distribuição percentual dos bairros pelas cinco classes de risco consideradas.

Para facilitar a comparação e hierarquização dos bairros de acordo com o nível do risco, foi determinado um Índice de Hierarquia (IH4), idêntico ao utilizado nos modelos de suscetibilidade (descrito na secção 5.3.3) e utilizando os valores da tabela 7.6:

$$IH4 = (CI5 * 3 + CI4 * 2 + CI3 * 1) - (CI2 * 1 + CI1 * 2)$$

Onde *CI1*, *CI2*, *CI3*, *CI4*, *CI5* correspondem, respetivamente, às classes de risco específico muito baixo, baixo, moderado, elevado e muito elevado.

**Tabela 7.5 – Nº de bairros por nível do risco específico.**

Risco Específico		Nº de bairros	
Classes	Valores		%
Muito Elevado	> 1	18	1,1
Elevado	0,5 – 1	25	1,4
Moderado	0,05 – 0,5	445	25,0
Baixo	0,005 – 0,05	995	55,9
Muito Baixo	0 – 0,005	296	16,6
<b>Total</b>		<b>1779</b>	<b>100,0</b>



**Tabela 7.6 – Risco específico aos incêndios urbanos ao nível do bairro em função da percentagem de quarteirões por classe do risco.**

Bairros	Classes do Risco Específico				
	CI1 (Muito Baixo)	CI2 (Baixo)	CI3 (Moderado)	CI4 (Elevado)	CI5 (Muito elevado)
25 de Junho A	4,5	13,6	77,3	4,5	0,0
25 de Junho B	2,2	63,0	34,8	0,0	0,0
Aeroporto B	22,7	59,1	18,2	0,0	0,0
Alto Maé B	4,4	55,6	31,1	2,2	6,7
Bagamoio	3,8	76,9	15,4	3,8	0,0
Central A	0,0	40,4	53,2	4,3	2,1
Central B	9,7	46,8	37,1	6,5	0,0
Central C	33,3	38,1	23,8	1,2	3,6
Chamanculo A	0,0	18,5	77,8	0,0	3,7
Chamanculo B	4,3	26,1	56,5	13,0	0,0
Chamanculo C	11,1	48,9	40,0	0,0	0,0
Chamanculo D	27,5	60,0	12,5	0,0	0,0
Coop	25,8	41,9	32,3	0,0	0,0
Costa do Sol	31,7	43,9	24,4	0,0	0,0
Ferroviário	19,0	75,2	5,7	0,0	0,0
FPLM	4,2	45,8	45,8	0,0	4,2
George Dimitrov	3,8	81,0	13,9	1,3	0,0
Inhagoia B	12,1	57,6	24,2	3,0	3,0
Jardim	27,8	47,2	22,2	0,0	2,8
Luís Cabral	36,0	52,8	11,2	0,0	0,0
Mafalala	10,3	67,2	22,4	0,0	0,0
Mahotas	6,1	69,7	21,2	1,5	1,5
Malhangalene A	0,0	30,8	50,0	15,4	3,8
Malhangalene B	19,2	57,7	19,2	1,9	1,9
Malhazine	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Maxaquene A	32,8	45,3	21,9	0,0	0,0
Maxaquene B	32,5	61,0	6,5	0,0	0,0
Maxaquene C	7,1	76,2	16,7	0,0	0,0
Maxaquene D	5,0	75,0	20,0	0,0	0,0
Mikadjuine	11,1	51,9	37,0	0,0	0,0
Polana Caniço B	35,6	62,1	1,1	0,0	1,1
Polana Cimento B	6,4	36,2	55,3	0,0	2,1
Sommershield	2,0	65,3	26,5	4,1	2,0
Urbanização	14,3	46,4	32,1	7,1	0,0
Xipamanine	27,6	46,6	25,9	0,0	0,0
Zimpeto	10,8	74,2	14,0	0,0	1,1

Os IH4 calculados e a hierarquia obtida estão representados na tabela 7.7, verificando-se que os bairros com maior risco a incêndios urbanos são: Malhazine, Chamanculo A, 25 de Junho A, Malhangalene A, Chamanculo B, Central A, Polana Cimento B e FPLM, todos com IH4 positivos. Segue-se um agrupamento de 23 bairros com um perfil semelhante (IH4 entre 0 e -100): Alto Maé B, Central B, Sommershield, Urbanização, Chamanculo C, 25 de Junho B, Mikadjuine, Inhagoia B, Mahotas, Coop, Bagamoio, Maxaquene D, Mafalala, Malhangalene B, Central C, George Dimitrov, Jardim, Maxaquene C, Xipamanine, Zimpeto, Costa do Sol, Aeroporto B e Maxaquene A. Finalmente, destacam-se os bairros com risco de incêndio mais baixo (IH4 inferior a -100): Chamanculo D, Ferroviário, Luís Cabral, Maxaquene B e Polana Caniço B.

Os resultados obtidos permitem definir os grandes agrupamentos de bairros, no que respeita ao risco de incêndios. A distribuição do risco pelo território de Maputo não é uniforme, verifica-se uma descontinuidade entre e dentro dos bairros do Município, facto que é logicamente explicado pela heterogeneidade do território quanto às características físicas utilizadas como critérios de estudo na avaliação da perigosidade e da vulnerabilidade estrutural.

**Tabela 7.7 – Hierarquia dos bairros do Município de Maputo em função do Índice de Hierarquização (IH4) do risco específico de incêndios urbanos.**

<b>Bairros</b>	<b>Nº de quarteirões</b>	<b>IH4</b>
Malhazine	16	100,0
Chamanculo A	27	70,4
25 de Junho A	22	63,6
Malhangalene A	26	61,5
Chamanculo B	23	47,8
Central A	47	27,7
Polana Cimento B	47	12,8
FPLM	24	4,2
Alto Maé B	45	-8,9
Central B	62	-16,1
Sommersshield	49	-28,6
Urbanização	28	-28,6
Chamanculo C	45	-31,1
25 de Junho B	46	-32,6
Mikadjuine	27	-37,0
Inhagoia B	33	-42,4
Mahotas	66	-53,0
Coop	31	-61,3
Bagamoio	26	-61,5
Maxaquene D	40	-65,0
Mafalala	58	-65,5
Malhangalene B	52	-67,3
Central C	84	-67,9
George Dimitrov	79	-72,2
Jardim	36	-72,2
Maxaquene C	42	-73,8
Xipamanine	58	-75,9
Zimpeto	93	-78,5
Costa do Sol	41	-82,9
Aeroporto B	44	-86,4
Maxaquene A	64	-89,1
Chamanculo D	40	-102,5
Ferrovário	105	-107,6
Luís Cabral	89	-113,5
Maxaquene B	77	-119,5
Polana Caniço B	87	-128,7
<b>Total</b>	<b>1779</b>	



## **8. Vulnerabilidade ao Risco de Incêndios – Perspetiva Social**

Neste capítulo avalia-se a vulnerabilidade social através de um inquérito a um conjunto de agregados familiares em 3 bairros de amostra (George Dimitrov, Maxaquene B e Central B), estudando-se as características demográficas, atitudes e práticas que tornam as pessoas vulneráveis aos incêndios urbanos (avaliação da criticidade). As secções seguintes apresentam a caracterização dos três bairros quanto à perigosidade, vulnerabilidade estrutural ou territorial e ao risco específico; as variáveis utilizadas na avaliação da vulnerabilidade social, a cobertura da amostra, a metodologia do processamento de dados e os resultados da vulnerabilidade social por bairro. A organização do trabalho de campo, a base de amostragem e o tipo de questionário foram apresentados no capítulo 3, dedicado à explanação dos métodos e técnicas utilizados nesta tese.

### **8.1 Caracterização dos Bairros George Dimitrov, Maxaquene B e Central B quanto à Perigosidade, Vulnerabilidade Estrutural e Risco Específico**

A tabela 8.1 mostra que em termos da perigosidade o bairro Central B é o que se posiciona em primeiro lugar no conjunto dos três bairros estudados, ocupando o sétimo lugar na tabela geral de hierarquização, enquanto os bairros de George Dimitrov e Maxaquene B situam-se abaixo da tabela, ocupando as 32ª e 35ª posições, respetivamente (ver Tabela 6.7. no capítulo 6). Quanto à vulnerabilidade estrutural, o bairro George Dimitrov ocupa a terceira posição da tabela geral de hierarquização, sendo o mais vulnerável dos três selecionados, enquanto Maxaquene B e Central B encontram-se respetivamente nas posições 29ª e 30ª (ver Tabela 7.4. no capítulo 7). Finalmente, no que tange ao risco específico, o bairro Central B lidera a classificação dos três, na 10ª posição da tabela geral de hierarquização, facto devido

essencialmente à elevada perigosidade que caracteriza este bairro. O bairro George Dimitrov, apesar da sua elevada vulnerabilidade estrutural, ocupa a 24ª posição na hierarquia do risco específico. Tal situação deve-se à baixa perigosidade que o bairro apresenta. Por fim, o bairro de Maxaquene B situa-se na penúltima posição da hierarquia do risco específico, o que se explica pelas baixas perigosidade e vulnerabilidade estrutural (ver Tabela 7.7. no capítulo 7).

**Tabela 8.1 – Posição dos três bairros na hierarquia da perigosidade, vulnerabilidade estrutural e risco específico no Município de Maputo.**

Bairro	Posição na Tabela de Hierarquização		
	Perigosidade	Vulnerabilidade estrutural	Risco Específico
Central B	7ª	30ª	10ª
Maxaquene B	35ª	29ª	35ª
George Dimitrov	32ª	3ª	24ª

## 8.2 Variáveis de Estudo

O estudo da vulnerabilidade na perspetiva social teve em consideração as seguintes variáveis: características demográficas dos inquiridos (género e idade), situação de educação, emprego, número de pessoas por agregado familiar, a memória de experiência dos munícipes sobre a capacidade de resposta a ocorrências de incêndio, a perceção das ameaças ou da memória do risco, o conhecimento dos meios de proteção, a existência ou não de pessoas com capacidades físicas e ou psicológicas limitadas quer pela idade quer por doença, a existência de atitudes ou práticas que potenciam o risco (presença de pessoas com hábitos de consumo de bebidas alcoólicas e/ou fumadores), e a fonte de energia utilizada na cozinha.

### 8.3 Cobertura da Amostra do Estudo

De acordo com o relatório do desenho da amostra deste inquérito, um total de 32 áreas de enumeração ou quarteirões foram selecionadas e visitadas durante a recolha de dados.

Em cada área amostral foram visitados 12 agregados familiares para a amostra de recolha de dados, tendo sido entrevistada uma pessoa por cada agregado, preferencialmente o respetivo chefe ou, na ausência ou impedimento deste, o seu representante. A tabela 8.2 mostra a distribuição da amostra total de 384 agregados familiares pelos três bairros, conforme os procedimentos de cálculo do INE.

**Tabela 8.2 – Distribuição percentual dos agregados familiares abrangidos por bairro.**

	<b>Agregados Familiars da Amostra</b>	<b>Agregados Familiars Efetivos</b>	<b>Percentagem (%)</b>
Central B	120	120	100
Maxaquene B	132	132	100
George Dimitrov	132	132	100
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>384</b>	<b>100</b>

### 8.4 Metodologia de Processamento de Dados

A entrada de dados começou em Março de 2014, três semanas após o início da recolha, tendo terminado 21 dias depois. As atividades de processamento do inquérito envolveram processos manuais e automáticos: receção e verificação dos questionários, crítica (revisão e codificação), digitação, edição e análise de inconsistências.

Além disso, durante a recolha de dados foi estabelecido um rigoroso controlo a nível dos inquiridores sobre o processo de recolha, mediante a deteção de erros por parte da crítica de campo, o que permitiu a correção imediata ainda no terreno.

O tratamento dos dados foi efetuado com recurso ao *software* IBM SPSS Statistics 21.

## **8.5 Resultados do Estudo da Vulnerabilidade no Bairro George Dimitrov**

### **8.5.1 Estrutura da população**

O conhecimento da estrutura da população por género, idade, escolaridade e emprego é fundamental para a avaliação da vulnerabilidade social. Por exemplo, conhecer o nível de escolaridade permite aferir a capacitação do indivíduo no conhecimento dos meios de proteção contra incêndios, bem como de se informar sobre o risco. Por outro lado, o emprego do chefe do agregado familiar pode indicar a capacidade económica e o nível de vida da família. No caso deste estudo, as dimensões das variáveis demográficas são referentes aos chefes dos agregados familiares da amostra. A tabela 8.3 ilustra a distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género.

A maioria dos agregados familiares (41,7 %) é chefiada por indivíduos maiores de 44 anos de idade enquanto apenas 8,3 % são geridas por pessoas com idades entre 18 e 26 anos.

A distribuição dos chefes dos agregados familiares por género indica que na amostra selecionada há mais homens (69,7 %) que mulheres (30,3 %), facto que era de se esperar considerando a patrilinearidade predominante na região sul de Moçambique onde se situa o espaço da pesquisa. No entanto, é significativa a percentagem de mulheres que chefiam agregados familiares na amostra selecionada, o que representa



um fator de maior vulnerabilidade, no contexto moçambicano onde questões culturais e socioeconómicas colocam a mulher no grupo das pessoas de maior vulnerabilidade, situação agravada quando a mulher é chefe do agregado familiar, muitas vezes com quatro, cinco ou mais pessoas na sua total dependência.

**Tabela 8.3 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género.**

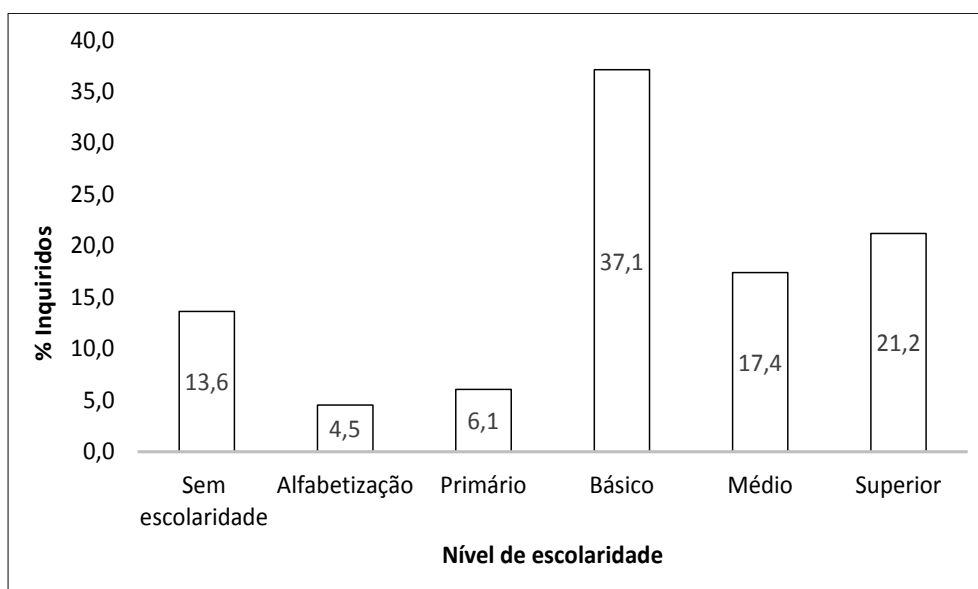
Grupos de idade	Distribuição por género			
	Feminino	Masculino	Total	%
> 44	13	42	55	41,7
36 a 44	12	26	38	28,8
27 a 35	10	18	28	21,2
18 a 26	5	6	11	8,3
Total	40	92	132	100,0
%	30,3	69,7	100,0	

### **8.5.2 Educação**

De acordo com o artigo 88 da Constituição da República de Moçambique, todos os indivíduos devem ter direito a uma educação que lhes permita exercer a sua cidadania de uma forma informada, não devendo a carência de meios financeiros representar um obstáculo ao gozo deste direito. Assim, é importante a existência do livre acesso aos meios que permitam aos cidadãos adquirir mais conhecimentos e enriquecimento cultural. O nível de escolaridade contribui para o acesso à informação, incluindo sobre os meios de prevenção contra incêndios e as instituições de proteção civil, o que faz reduzir a vulnerabilidade das famílias.

Aliás, o nível educacional, medido por uma combinação da taxa de alfabetização de adultos com a taxa de escolaridade, associado à longevidade (medida pela esperança

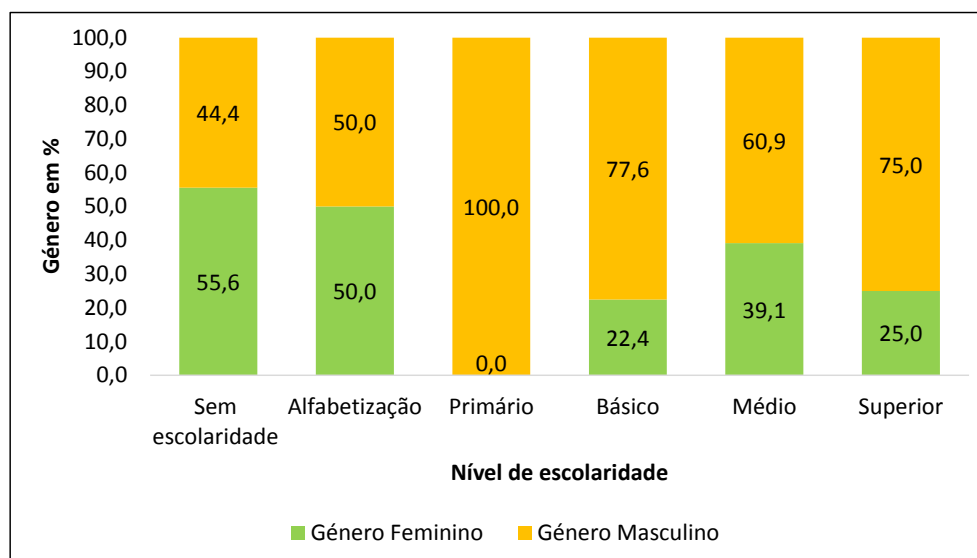
de vida à nascença) e o nível de vida (medido pelo PIB real per capita) são utilizados para a caracterização do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). A figura 8.1 mostra que 37,1 % dos chefes dos agregados familiares da amostra selecionada tem nível básico de escolaridade, correspondente à 10ª classe do Sistema Nacional de Educação em Moçambique. Nota-se ainda que 13,6 % dos agregados é chefiada por pessoas sem escolaridade, 6,1 % com nível primário e 4,5 % com alfabetização, enquanto 17,4 % e 21,2 % das famílias são lideradas por indivíduos com níveis médio e superior, respetivamente.



**Figura 8.1 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade.**

A figura 8.2 mostra a distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género, constatando-se que as mulheres representam 50 % dos chefes de família com alfabetização, valor que cresce para 55,6 % no caso da classe sem escolaridade. Pelo contrário, as mulheres representam apenas 39,1 % dos chefes de

família com escolaridade média e o seu peso é ainda menor (25 %) na classe de escolaridade superior.



**Figura 8.2 – Distribuição percentual dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género.**

### **8.5.3 Dimensão dos agregados familiares e presença de crianças menores de cinco anos de idade**

Na tabela 8.4 são apresentados os dados sobre o número de habitantes por agregado familiar e a presença de crianças menores de cinco anos de idade. Constata-se que 62,9 % dos agregados familiares são constituídos por cinco ou mais pessoas, sendo que 90,2 % conta com presença de pelo menos uma criança menor de cinco anos. O número de habitantes por agregado familiar reflete o nível de vulnerabilidade das famílias aos incêndios urbanos, na medida que isso implica maior uso de fontes de ignição e maior consumo de energia elétrica, aumentando o perigo. A maior concentração de pessoas na mesma residência, associada à presença de pessoas com

fraca mobilidade como crianças, incrementa a vulnerabilidade e potencia o risco, uma vez que a probabilidade de ocorrência de vítimas em caso de incêndio é maior.

**Tabela 8.4 – Distribuição dos agregados familiares segundo a sua dimensão e presença de menores de cinco anos.**

Dimensão do agregado familiar	Presença de crianças menores de cinco anos			
	Não	Sim	Total	%
1	4	0	4	3,0
2 a 4	6	39	45	34,1
5 ou mais	3	80	83	62,9
Total	13	119	132	100,0
%	9,8	90,2	100,0	

#### **8.5.4 Presença de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios**

O álcool e o cigarro são apontados frequentemente como fatores de incêndio (Hall, 2010). Na tabela 8.5 cruzam-se dados sobre a presença no agregado familiar de pelo menos uma pessoa com hábitos de consumo de bebidas alcoólicas e/ou de cigarro e a capacidade de proteção contra incêndios, e nota-se que famílias com pessoas com esse tipo de hábitos de consumo não possuem meios de extinção de incêndios. Com efeito, em 96,2 % dos agregados familiares existe pelo menos uma pessoa com hábitos de consumo de álcool e/ou de cigarro e 92,9 % dessas famílias não tem qualquer meio de proteção contra incêndios. Por seu turno, a tabela 8.6 revela que 93,9 % das famílias que não tomam qualquer medida contra incêndios tem pelo menos uma

pessoa com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro, facto que aumenta a sua vulnerabilidade.

**Tabela 8.5 – Distribuição dos agregados familiares segundo hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndio.**

Consumo de álcool e/ou cigarro	Meios de extinção de incêndios			
	Não	Sim	Total	%
Não	5	0	5	3,8
Sim	118	9	127	96,2
Total	123	9	132	100,0
%	92,9	7,1	100,0	

**Tabela 8.6 – Distribuição dos agregados familiares segundo as medidas preventivas contra incêndios e hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro.**

Medidas preventivas contra incêndios	Hábitos de consumo de álcool/cigarro			
	Não	Sim	Total	%
Apagar fogo depois de cozinhar	1	3	4	3,0
Desligar eletrodomésticos	2	60	62	47,0
Educar crianças	0	11	11	8,3
Nada	2	31	33	25,0
Não usar eletricidade para cozinhar	0	1	1	0,8
Não usar gás	0	6	6	4,5
Não usar velas e candeeiros	0	12	12	9,1
Total	5	127	132	100,0
%	6,1	93,9	100,0	

A percentagem de agregados familiares nesta situação é bastante elevada, o que deixa a entender o nível de vulnerabilidade das famílias ao risco de incêndios, pois, para além de não possuírem qualquer meio de proteção contra o fogo, pessoas sob efeitos

do álcool são mais propensas a descuidar-se na utilização das diferentes fontes de ignição, podendo, por isso, originar incêndios. Também se sabe que o álcool quando consumido em excesso pode diminuir a capacidade de percepção e coordenação psicomotora, o que cria limitações na antecipação e proteção caso ocorra um evento de incêndio.

#### **8.5.5 Fontes de energia para a cozinha e ocupação profissional**

Em estudos anteriores, Furness & Muckett (2007), e mais recentemente Karter (2011), estabeleceram relação entre os incêndios e os equipamentos de cozinha. O histórico mostra que 40,0 % dos incêndios registados no Município do Maputo, no período de 1999 a 2012, tiveram como causa os curto-circuitos e 12,0 % tiveram a sua origem na cozinha. A tabela 8.7 indica que o gás com 57,6 % e a eletricidade com 21,2 % são as fontes de energia mais utilizadas para a cozinha, enquanto o carvão vegetal e a lenha juntos representam 21,2 % do total. Adicionalmente, verifica-se que 75,0 % das pessoas que usam eletricidade para cozinhar não tem emprego formal ou fixo. O facto de haver um número significativo de pessoas sem emprego formal ou fixo e que usam eletricidade para a cozinha está relacionado com as ligações clandestinas à rede de distribuição elétrica (Tabela 8.8), o que, para além de constituir um indicador da vulnerabilidade social, aumenta também a vulnerabilidade estrutural a incêndios.

**Tabela 8.7 – Distribuição percentual dos agregados familiares por tipo de fonte de energia utilizado para a cozinha e tipo de ocupação dos respetivos chefes.**

Fonte de energia para a cozinha	Ocupação profissional			
	Informal	Formal	Total	%
Carvão vegetal	23	2	25	18,9
Elettricidade	21	7	28	21,2
Gás	56	20	76	57,6
Lenha	3	0	3	2,3
Total	103	29	132	100,0
%	75,0	25,0	100,0	

O uso do gás e de eletricidade como principais fontes para a cozinha pode ser explicado pelo seu baixo custo quando comparado ao carvão vegetal e lenha. Entretanto, o gás usado para a cozinha em Maputo não é canalizado, são utilizadas botijas, o que representa uma enorme vulnerabilidade, pois, em caso de ocorrência de incêndio, seria mais prático, desligar o gasoduto que alimenta o bairro do que desligar as botijas individuais existentes em cada residência.

#### **8.5.6 Ligações clandestinas de eletricidade e ocupação profissional**

A literatura especializada inclui bastantes trabalhos que identificam a eletricidade como fator de ocorrência de incêndios urbanos (eg. Primo, 2008; Vicente *et al.*, 2010; Maguire, 2009; Silva, 2011; Tonelli, 2011; Lopes *et al.*, 2011).

Em relação ao uso de eletricidade, formulou-se uma questão no inquérito que buscava perceber a existência de ligações clandestinas de eletricidade nas habitações das famílias. Os dados da tabela 8.8 indicam que 78 % dos inquiridos não tem emprego formal, contra 22 % dos que têm. Mais de metade (56,3 %) dos que não têm emprego

formal admitiu a prática de ligações clandestinas de eletricidade, o que acentua a sua vulnerabilidade.

Sabe-se que em Maputo a eletricidade é o fator mais associado à ocorrência de incêndios, representando mais de 1/3 dos casos registados, quer devido à precariedade de instalações elétricas, quer por negligência e uso abusivo de eletrodomésticos, estimulado pelas facilidades de ligações clandestinas à eletricidade.

**Tabela 8.8 – Distribuição percentual dos agregados familiares considerando a existência de ligações clandestinas de eletricidade no bairro.**

Ocupação profissional	Ligações clandestinas de eletricidade			
	Não	Sim	Total	%
Informal	45	58	103	78,0
Formal	13	16	29	22,0
Total	58	74	132	100,0
%	43,7	56,3	100,0	

#### **8.5.7 Capacidade de proteção e consciência do risco de incêndios**

A capacidade das famílias em prevenir ou combater os riscos é um dos indicadores da vulnerabilidade. No caso particular dos incêndios urbanos, formularam-se questões para verificar a consciência das pessoas face ao risco: à pergunta se os incêndios preocupavam o seu agregado familiar, sucedeu-se a solicitação do elenco das possíveis medidas de prevenção.

A tabela 8.9 indica que apesar de 99,2 % dos inquiridos admitirem que os incêndios preocupam os seus agregados familiares, 25 % não toma qualquer medida de



prevenção. Das medidas preventivas listadas, *desligar eletrodomésticos da corrente elétrica* durante a noite (eg. televisores, fogões elétricos, frigoríficos, aparelhos de ar condicionado) é a mais indicada pelos inquiridos, deixando entender que existe alguma informação sobre as causas dos incêndios.

A atitude inicial perante um incêndio pode ser determinante para minimizar o risco. Para controlar esta variável formulou-se a seguinte questão “em caso de um incêndio em casa o que faria logo de imediato”? Para verificar a questão anterior sobre a atitude imediata perante um incêndio, questionou-se sobre o conhecimento do número de telefone dos bombeiros. A tabela 8.10 mostra que 85,6 % dos inquiridos apontou como primeira medida perante um incêndio chamar os bombeiros, no entanto, 98,2 % dessas pessoas não tem o número de telefone dos bombeiros. Na prática, significa que essas pessoas não têm como alertar os bombeiros em caso de um incêndio no bairro, o que constitui um indicador da sua vulnerabilidade.

**Tabela 8.9 – Preocupação com os incêndios e medidas preventivas.**

Medidas preventivas contra incêndios	Preocupação com os incêndios			
	Não	Sim	Total	%
Apagar fogo depois de cozinhar	0	4	4	3,0
Desligar eletrodomésticos	0	62	62	47,0
Educar crianças	0	11	11	8,3
Nada	0	33	33	25,0
Não usar eletricidade para cozinhar	0	1	1	0,8
Não usar gás	0	6	6	4,5
Não usar velas e candeeiros	0	12	12	9,1
Não aplicável	1	0	1	0,8
Total	1	131	132	100,0
%	0,8	99,2	100,0	

**Tabela 8.10 – Distribuição percentual dos agregados familiares por atitude perante um incêndio.**

Medida reativa perante incêndio	Conhecem a linha telefónica dos bombeiros?			
	Não	Sim	Total	%
Apagar o fogo	5	0	5	3,8
Chamar a Polícia	7	0	7	5,3
Chamar os bombeiros	111	2	113	85,6
Desligar o quadro elétrico	5	0	5	3,8
Fugir	1	0	1	0,8
Total	130	2	132	100,0
%	98,2	1,8	100,0	

#### **8.5.8 Memória do Risco**

Para captar a memória dos inquiridos quanto ao risco formulou-se uma questão sobre se a pessoa se recordava de algum incêndio registado no bairro e de seguida pediu-se para indicar um aspeto específico associado a essa ocorrência.

A tabela 8.11 indica que 94,7 % dos inquiridos recorda-se de pelo menos um incêndio que tenha ocorrido no bairro George Dimitrov e que os aspetos relacionados com o risco dominam a memória das pessoas, nomeadamente a existência de vítimas (35,6 %), a ocorrência de danos (17,4 %) e a intervenção dos bombeiros (17,4 %). Registe-se que aspetos como o período do dia, o ano e estado do tempo do dia da ocorrência são menos recordados pelos habitantes do bairro George Dimitrov.

O estudo efetuado permitiu ainda constatar que nenhum dos inquiridos possuía seguro do risco de incêndios, o que revela vulnerabilidade e fraca resiliência, uma vez que as famílias não têm suporte institucional de transferência de responsabilidade para, por exemplo, assegurar a reconstrução das suas residências, comprar os bens destruídos e muito menos ressarcir-las pelas vidas perdidas, assegurando, eventualmente, a sobrevivência das famílias no período pós incêndio.

Os resultados obtidos mostram vulnerabilidade dos habitantes do bairro George Dimitrov a incêndios, patente na estrutura demográfica das famílias inquiridas (eg. a dimensão típica dos agregados familiares, com cinco ou mais pessoas, a presença de crianças com menos de cinco anos de idade), na existência de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou de cigarro, na fraca educação, no desemprego, na falta de informação sobre os mecanismos de prevenção e combate aos incêndios e no desconhecimento dos meios para aceder aos bombeiros.

Apesar da consciência que os munícipes têm sobre o perigo que os incêndios representam, o que os levam a considerar como os que mais justificam solicitações aos bombeiros, muitos deles não tomam quaisquer medidas preventivas.

**Tabela 8.11 – Memória dos entrevistados sobre a ocorrência de incêndios no Município do Maputo.**

Aspetos memorizados num incêndio	Recordam-se de algum incêndio ocorrido no bairro			
	Não	Sim	Total	%
Ano	0	21	21	15,9
Período do dia	0	9	9	6,8
Houve intervenção dos bombeiros	0	23	23	17,4
Fazia frio ou calor nesse dia	0	2	2	1,5
Houve danos	0	23	23	17,4
Houve vítimas	0	47	47	35,6
Não aplicável	7	0	7	5,3
Total	7	125	132	100,0
%	5,3	94,7	100,0	

## 8.6 Resultados do Estudo da Vulnerabilidade no Bairro Maxaquene B

### 8.6.1 Estrutura da população

A tabela 8.12 ilustra a distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género, onde se nota que 69,7 % das famílias é chefiada por homens enquanto 30,3 % tem mulheres como chefes. Verifica-se ainda que a maioria das famílias (35,6 %) é chefiada por indivíduos com idade compreendida entre 27 e 35 anos, sendo a minoria (14,4 %) por pessoas com idade entre 18 e 26 anos.

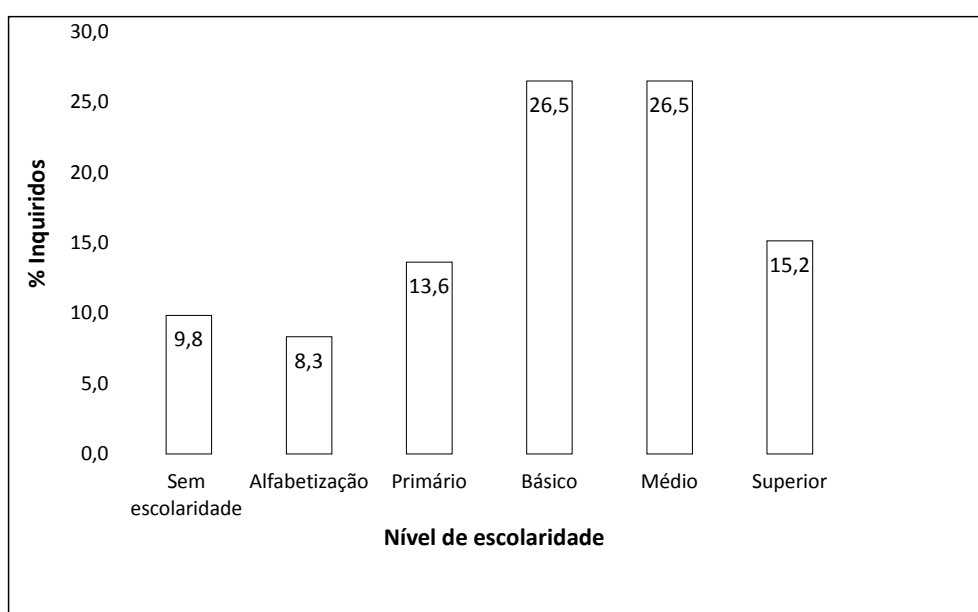
**Tabela 8.12 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género.**

Grupos de idade	Distribuição por género			
	Feminino	Masculino	Total	%
> 44	9	20	29	22,0
36 a 44	7	30	37	28,0
27 a 35	18	29	47	35,6
18 a 26	6	13	19	14,4
Total	40	92	132	100,0
%	30,3	69,7	100,0	

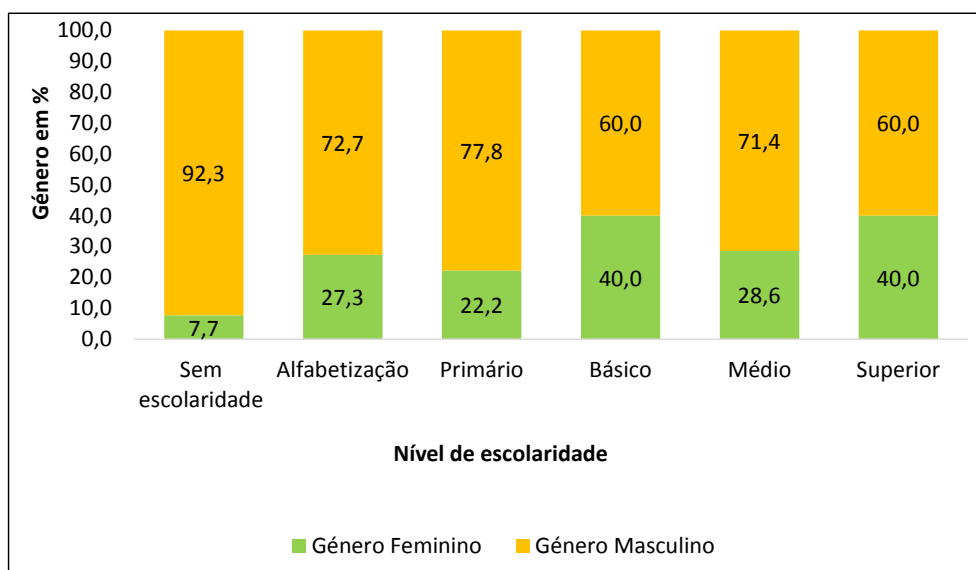
### 8.6.2 Educação

A figura 8.3 mostra que a maior parte dos chefes das famílias no bairro do Maxaquene B tem o nível básico ou médio de escolaridade (ambos com 26,5 % do total). Adicionalmente, 15,2 % dos chefes dos agregados familiares tem o nível superior, enquanto 13,6 % tem o nível primário. Os níveis mais baixos de escolaridade ocorrem com menos frequência (alfabetização regista 8,3 % e a ausência de escolaridade caracteriza 9,8 % do número total dos chefes dos agregados familiares).

A figura 8.4 mostra a distribuição percentual dos chefes de agregados familiares por nível de escolaridade e género, onde se depreende que a representatividade das mulheres à frente dos agregados familiares tende a ser maior nas classes de nível de escolaridade mais elevado (40 % nas classes de formação básica e superior e 28,6 % na classe de formação média). Adicionalmente, registe-se que o peso das mulheres na classe sem escolaridade é bastante reduzido (apenas 7,7 % no total da classe).



**Figura 8.3 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade.**



**Figura 8.4 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade.**

### **8.6.3 Dimensão dos agregados familiares e presença de crianças menores de cinco anos de idade**

À semelhança do bairro George Dimitrov, a maior parte dos agregados familiares no bairro do Maxaquene B tem pelo menos cinco pessoas (69,7 % do total) e 76,5 % das famílias tem pelo menos uma criança menor de cinco anos de idade (Tabela 8.13).

**Tabela 8.13 – Distribuição dos agregados familiares segundo a sua dimensão e presença de menores de cinco anos.**

Dimensão do agregado familiar	Presença de criança menor de cinco anos			
	Não	Sim	Total	%
1	2	0	2	1,5
2 a 4	16	22	38	28,8
5 ou mais	13	79	92	69,7
Total	31	101	132	100,0
%	23,5	76,5	100,0	

#### 8.6.4 Presença de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios

A tabela 8.14 indica que 93,8 % das famílias que tem pelo menos uma pessoa com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro não tem extintores ou outro meio de proteção contra incêndios. Por outro lado, a maior parte dos agregados (97,9 %) que não toma qualquer medida contra incêndios tem pelo menos uma pessoa com esses hábitos de consumo (Tabela 8.15), o que reflete ausência de consciência do risco e vulnerabilidade das famílias no bairro do Maxaquene B.

**Tabela 8.14 – Distribuição dos agregados familiares segundo hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios.**

Consumo de álcool/cigarro	Meios de extinção de incêndios			
	Não	Sim	Total	%
Não	3	0	3	2,3
Sim	121	8	129	97,7
Total	124	8	132	100,0
%	93,8	6,2	100,0	

**Tabela 8.15 – Distribuição dos agregados familiares segundo as medidas preventivas contra incêndios e hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro.**

Medidas preventivas contra incêndios	Hábitos de consumo de álcool/cigarro			
	Não	Sim	Total	%
Apagar fogo depois de cozinhar	0	2	2	1,5
Desligar eletrodomésticos	0	12	12	9,1
Educar crianças	0	4	4	3,0
Nada	2	94	96	72,7
Não usar gás	0	12	12	9,1
Não usar velas e candeeiros	1	4	5	3,8
Total	3	129	132	100,0
%	2,1	97,9	100,0	

### 8.6.5 Fontes de energia para a cozinha e ocupação profissional

As fontes mais usadas para gerar energia para a cozinha nas famílias do Maxaquene B são: eletricidade (53 %), gás (31,8 %) e carvão vegetal (13,6 %) (Tabela 8.16). Como se depreende, mais de metade das famílias usa a eletricidade para cozinhar, sendo que 77,1 % dessas famílias não tem emprego formal ou fixo.

**Tabela 8.16 – Distribuição percentual dos agregados familiares por tipo de fonte de energia utilizado para a cozinha e ocupação formal dos respetivos chefes.**

Fonte de energia para a cozinha	Ocupação profissional		Total	%
	Informal	Formal		
Carvão vegetal	14	4	18	13,6
Eletricidade	54	16	70	53,0
Gás	30	12	42	31,8
Lenha	1	1	2	1,5
Total	99	33	132	100,0
%	77,1	22,9	100,0	

### 8.6.6 Ligações clandestinas de eletricidade e ocupação profissional

Os dados da tabela 8.17 mostram que 75 % dos chefes dos agregados familiares não tem emprego formal ou fixo, contra 25 % dos que têm uma ocupação segura no mercado de trabalho. O cruzamento dos dados indica que 74,7 % das pessoas sem um emprego formal ou fixo admite o uso clandestino de energia elétrica, o que evidencia a sua vulnerabilidade.



**Tabela 8.17 – Distribuição percentual dos agregados familiares considerando a existência de ligações clandestinas de eletricidade no bairro.**

Ocupação profissional	Ligações clandestinas de eletricidade			
	Não	Sim	Total	%
Informal	25	74	99	75,0
Formal	10	23	33	25,0
Total	35	97	132	100,0
%	25,3	74,7	100,0	

### 8.6.7 Capacidade de proteção e consciência do risco de incêndios

Desligar eletrodomésticos durante a noite ou quando não estiverem em uso e evitar a utilização do gás para a cozinha são as medidas de prevenção contra incêndios mais destacadas pelos inquiridos (9,1 % para cada resposta). Apesar de 98,5 % dos inquiridos admitir que os incêndios preocupam os seus agregados familiares, 72,7 % não toma qualquer medida de prevenção (Tabela 8.18).

**Tabela 8.18 – Preocupação com os incêndios e medidas preventivas.**

Medidas preventivas contra incêndios	Preocupação com os incêndios			
	Não	Sim	Total	%
Apagar fogo depois de cozinhar	0	2	2	1,5
Desligar eletrodomésticos	0	12	12	9,1
Educar crianças	0	4	4	3,0
Nada	1	95	96	72,7
Não usar gás	0	12	12	9,1
Não usar velas e candeeiros	0	5	5	3,8
Não aplicável	1	0	1	0,8
Total	2	130	132	100,0
%	1,5	98,5	100,0	

No que se refere à atitude a tomar perante um incêndio, os dados da tabela 8.19 mostram que a maioria pensa em solicitar a intervenção dos bombeiros (72,7 %), no entanto, 96,9 % dessas pessoas não conhece a linha telefónica dos bombeiros, o que significa que não teriam como os chamar.

**Tabela 8.19 – Distribuição percentual dos agregados familiares por atitude perante um incêndio.**

Medida reativa perante um incêndio	Conhecem a linha telefónica dos bombeiros?			
	Não	Sim	Total	%
Apagar o fogo	21	1	22	16,7
Chamar a Polícia	6	0	6	4,5
Chamar os bombeiros	93	3	96	72,7
Desligar o quadro eléctrico	3	0	3	2,3
Fugir	5	0	5	3,8
Total	128	4	132	100,0
%	96,9	3,1	100,0	

#### **8.6.8 Memória do risco**

Em relação à memória do risco (Tabela 8.20) constatou-se que 97,7 % dos inquiridos recorda-se de pelo menos um incêndio que tenha ocorrido no bairro do Maxaquene B e que os aspetos dominantes têm a ver com o socorro (intervenção dos bombeiros, 24,2 %) e com as consequências da ocorrência, nomeadamente a existência de vítimas (23,5 %) e os danos resultantes (17,4 %). São menos memorizados o ano da ocorrência (15,2 %), o período do dia (12,1 %), e o estado do tempo que fazia no dia da ocorrência (5,3 %).

Os resultados da análise da vulnerabilidade no bairro do Maxaquene B são em muitos aspetos semelhantes aos do bairro George Dimitrov, sendo de destacar que as famílias são, em regra, vulneráveis socialmente, caracterizando-se pelos seguintes indicadores: predominância de agregados familiares de dimensão alargada e com crianças menores de cinco anos de idade; existência de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou de cigarro; baixo nível de educação; desemprego; falta de informação sobre os mecanismos de prevenção e combate aos incêndios; desconhecimento do contacto dos bombeiros; e falta de seguro de risco.

**Tabela 8.20 – Memória dos entrevistados sobre a ocorrência de incêndios no Município do Maputo.**

Aspetos memorizados num incêndio	Recordam-se de algum incêndio ocorrido no bairro			
	Não	Sim	Total	%
Ano	0	20	20	15,2
Período do dia	0	16	16	12,1
Houve intervenção dos bombeiros	0	32	32	24,2
Fazia frio ou calor nesse dia	0	7	7	5,3
Houve danos	0	23	23	17,4
Houve vítimas	0	31	31	23,5
Não aplicável	3	0	3	2,3
Total	3	129	132	100,0
%	2,3	97,7	100,0	

## 8.7 Resultados do Estudo da Vulnerabilidade no Bairro Central B

### 8.7.1 Estrutura da população

A tabela 8.21 ilustra a distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género, verificando-se que a maioria das famílias é chefiada por homens (59,2 % do total). Verifica-se ainda que a maioria das famílias é chefiada por indivíduos com idade compreendida entre 27 e 35 anos (31,7 % do total), enquanto a classe menos representada corresponde à classe etária mais baixa (18 a 26 anos de idade, 18,3 % do total).

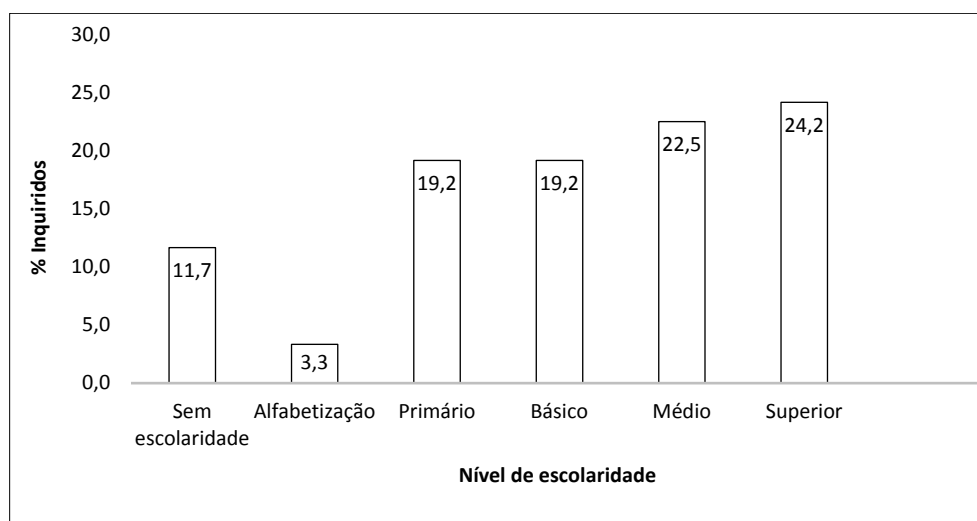
**Tabela 8.21 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por grupos de idade e género.**

Grupos de idade	Distribuição por género			
	Feminino	Masculino	Total	%
> 44	9	20	29	24,2
36 a 44	11	20	31	25,8
27 a 35	17	21	38	31,7
18 a 26	12	10	22	18,3
Total	49	71	120	100,0
%	40,8	59,2	100,0	

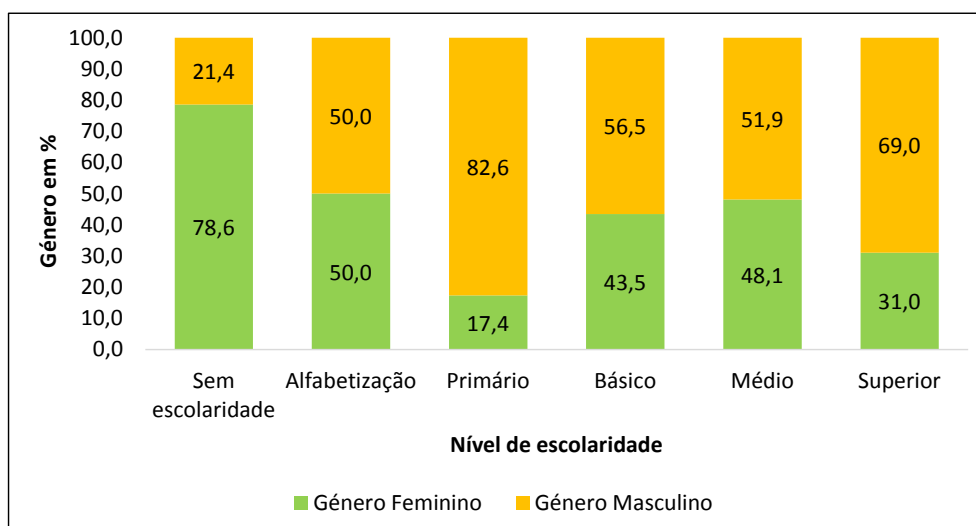
### 8.7.2 Educação

A figura 8.5 mostra que, contrariamente aos dois bairros anteriormente analisados, no bairro Central B a maior parte dos chefes dos agregados familiares tem o nível superior (24,2 %) e médio (22,5 %). São poucas as famílias chefiadas por pessoas sem escolaridade ou com alfabetização (15 %, no total) e há um significativo número de

famílias cujos chefes têm os níveis primário e básico (19,2 % para cada classe). Entretanto, a distribuição percentual dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género (Figura 8.6) indica que 78,6 % dos chefes de agregados familiares sem escolaridade são do género feminino e 17,4 % dos que apenas concluíram o nível primário são mulheres. Adicionalmente, o género feminino representa 43,5 % dos chefes de agregados familiares com o nível básico, sendo assinalável nos níveis de educação mais elevados (48,1 % no nível médio e 31,0 % no nível superior).



**Figura 8.5 – Distribuição dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género.**



**Figura 8.6 – Distribuição percentual dos chefes dos agregados familiares por nível de escolaridade e género.**

### **8.7.3 Dimensão dos agregados familiares e presença de crianças menores de cinco anos de idade**

Em relação à dimensão dos agregados familiares constata-se que, à semelhança dos bairros George Dimitrov e Maxaquene B, a maior parte das famílias amostradas é constituída por cinco ou mais pessoas (62,5 % do total) e 77,5 % das famílias tem pelo menos uma criança com menos de cinco anos de idade (Tabela 8. 22).

**Tabela 8.22 – Distribuição dos agregados familiares segundo a sua dimensão e presença de menores de cinco anos.**

Grupos de idade	Presença de uma criança menor de cinco anos			
	Não	Sim	Total	%
1	3	0	3	2,5
2 a 4	12	30	42	35
5 ou mais	12	63	75	62,5
Total	27	93	120	100,0
%	22,5	77,5	100,0	

#### **8.7.4 Presença de pessoas com hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios**

A tabela 8.23 indica que 94,2 % dos agregados familiares integra pelo menos uma pessoa com hábitos de consumo de álcool ou cigarro e 83,2 % dessas famílias não tem extintores ou outros meios de proteção contra incêndios. Por seu turno, a tabela 8.24 mostra que 93,0 % dos agregados familiares que não toma qualquer medida contra incêndios integram indivíduos com hábitos de consumo de bebidas alcoólicas e/ou de cigarro.

**Tabela 8.23 – Distribuição dos agregados familiares segundo hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro e capacidade de proteção contra incêndios.**

Consumo de álcool ou cigarro	Meios de extinção de incêndios			
	Não	Sim	Total	%
Não	4	3	7	5,8
Sim	94	19	113	94,2
Total	98	22	120	100,0
%	83,2	16,8	100,0	

**Tabela 8.24 – Distribuição dos agregados familiares segundo as medidas preventivas contra incêndios e hábitos de consumo de álcool e/ou cigarro.**

Medidas preventivas contra incêndios	Hábitos de consumo de álcool/cigarro			
	Não	Sim	Total	%
Apagar fogo depois de cozinhar	0	3	3	2,5
Desligar eletrodomésticos	1	19	20	16,7
Educar crianças	2	14	16	13,3
Nada	4	53	57	47,5
Não usar gás	0	11	11	9,2
Não usar velas e candeeiros	0	11	11	9,2
Total	7	113	120	100,0
%	7,0	93,0	100,0	

#### **8.7.5 Fontes de energia para a cozinha e ocupação profissional**

As fontes mais usadas para gerar energia para a cozinha nas famílias do bairro Central B são: gás (63,3 %), carvão vegetal (22,5 %) e eletricidade (12,5 %) (Tabela 8.25). Ao contrário dos dois bairros antes analisados, em que a eletricidade era a principal fonte de energia utilizada na cozinha, no bairro Central B usa-se mais o gás. Dos três bairros este é o que menos utiliza a eletricidade para confeccionar alimentos.



**Tabela 8.25 – Distribuição percentual dos agregados familiares por tipo de fonte de energia utilizado para a cozinha e ocupação formal dos respetivos chefes.**

Fonte de energia para a cozinha	Ocupação Profissional			
	Informal	Formal	Total	%
Carvão vegetal	7	20	27	22,5
Eletricidade	12	3	15	12,5
Gás	5	71	76	63,3
Lenha	1	1	2	1,7
Total	25	95	120	100,0
%	20,8	79,2	100	

#### **8.7.6 Ligações clandestinas de eletricidade e ocupação profissional**

Diferentemente dos bairros George Dimitrov e Maxaquene B, no bairro Central B há mais agregados familiares cujos chefes têm emprego formal ou fixo (79,2 %) contra 20,8 % dos que estão na situação inversa (Tabela 8.26). Nota-se ainda que 35,8 % dos inquiridos admitiram a prática de ligações clandestinas, sendo que a maioria destes não tem emprego formal ou fixo.

**Tabela 8.26 – Distribuição percentual dos agregados familiares considerando a existência de ligações clandestinas de eletricidade no bairro.**

Ocupação profissional	Ligações clandestinas de eletricidade			
	Não	Sim	Total	%
Informal	0	25	25	20,8
Formal	77	18	95	79,2
Total	77	43	120	100,0
%	64,2	35,8	100,0	

### 8.7.7 Capacidade de proteção e consciência do risco de incêndios

Como nos dois bairros anteriores, a medida preventiva prioritária assumida pelas famílias consiste em desligar eletrodomésticos após o uso e durante a noite (16,7 %), seguido de educação de crianças, com 13,3 % (Tabela 8.27). As respostas ao inquérito mostram ainda que, não obstante 97,5 % dos inquiridos afirmar que os incêndios preocupam as suas famílias, 47,5 % não toma qualquer medida de prevenção, evidenciando vulnerabilidade.

**Tabela 8.27 – Preocupação com os incêndios e medidas preventivas.**

Medidas preventivas contra incêndios	Preocupação com os incêndios			
	Não	Sim	Total	%
Apagar fogo depois de cozinhar	0	3	3	2,5
Desligar eletrodomésticos	0	20	20	16,7
Educar crianças	0	16	16	13,3
Nada	1	56	57	47,5
Não usar gás	0	11	11	9,2
Não usar velas e candeeiros	0	11	11	9,2
Total	3	117	120	100,0
%	2,5	97,5	100,0	

Em relação ao que fazer perante um incêndio, constatou-se que, apesar de 77,5 % dos inquiridos considerar como primeira medida reativa a chamada aos bombeiros, nenhum mostrou conhecer a linha telefónica dos bombeiros (Tabela 8.28).

**Tabela 8.28 – Distribuição percentual dos agregados familiares por atitude perante um incêndio.**

Medida reativa perante um incêndio	Conhecem a linha telefónica dos bombeiros			
	Não	Sim	Total	%
Apagar o fogo	24	0	24	20,0
Chamar a Polícia	2	0	2	1,7
Chamar os bombeiros	93	0	93	77,5
Desligar o quadro elétrico	1	0	1	0,8
Total	120	0	120	100,0
%	100,0	0,0	100,0	

#### **8.7.8 Memória do risco**

Quanto à memória do risco (Tabela 8.29) verificou-se que 88,3 % dos inquiridos recorda-se de pelo menos um incêndio que tenha ocorrido no bairro Central B, sendo que, contrariamente ao que ocorre nos bairros George Dimitrov e Maxaquene B em que a presença de vítimas e a intervenção dos bombeiros figuravam mais nas memórias dos inquiridos, neste bairro tendem a memorizar incêndios com danos, seguido do ano, o que pode estar relacionado com as experiências individuais e com o facto deste bairro localizar-se na área urbana, onde há maior acesso à informação dos *media*.

Os resultados da análise da vulnerabilidade no bairro Central B mostram algumas diferenças em relação aos bairros George Dimitrov e Maxaquene B, que indiciam, em regra, uma vulnerabilidade social mais reduzida. O bairro Central B tem maior percentagem dos chefes de agregados familiares com o nível superior e com emprego formal que os restantes; adicionalmente, as famílias usam menos a eletricidade como fonte para a cozinha, por comparação com os outros dois bairros, sendo o gás a

principal fonte de energia utilizada para confeccionar alimentos. Por último, é de destacar um número de ligações elétricas clandestinas bastante mais reduzido, por comparação com os restantes bairros.

**Tabela 8.29 – Memória dos entrevistados sobre a ocorrência de incêndios no Município do Maputo.**

Aspetos memorizados num incêndio	Recordam-se de algum incêndio ocorrido no bairro			
	Não	Sim	Total	%
Ano	1	20	21	17,5
Fazia frio/calor nesse dia	1	6	7	5,8
Houve danos	3	30	33	27,5
Houve intervenção dos bombeiros	2	15	17	14,2
Houve vítimas	1	17	18	15,0
Período do dia	1	18	19	15,8
Total	14	106	120	100,0
%	11,7	88,3	100,0	

## 8.8 Situação dos Três Bairros quanto à Vulnerabilidade Social

Os resultados da análise da vulnerabilidade social (criticidade) nos bairros George Dimitrov, Maxaquene B e Central B do Município de Maputo mostram que, embora existam semelhanças em certos indicadores considerados (por exemplo na dimensão dos agregados familiares), os três bairros são diferentes, sendo que George Dimitrov e Maxaquene B são menos distintos entre si e os dois mais dissemelhantes do Central B, como a seguir se demonstra com base nos seguintes indicadores: género, idade, educação escolar e emprego dos inquiridos, ligações elétricas clandestinas, tipos de fontes de energia utilizada para a cozinha e capacidade de reação a incêndios pelos agregados familiares.

### **8.8.1 Género e idade**

A distribuição da percentagem dos chefes de agregados familiares por grupos de idade (Figura 8.7) mostra que o bairro George Dimitrov é o que apresenta maior percentagem dos chefes de agregados familiares envelhecidos (41,7 % dos inquiridos no grupo de idade com mais de 44 anos), sendo que 76,4 % dos chefes de agregados familiares neste grupo de idade são do género masculino contra 23,6 % do género feminino (Figura 8.8). Central B é um bairro relativamente mais jovem com 18,3 % dos inquiridos na faixa etária entre 18 e 26 anos (Figura 8.7). Por seu turno, Maxaquene B é o bairro com maior percentagem dos chefes de agregados familiares com idades compreendidas entre 27 e 35 anos.

Embora, em regra, haja mais homens chefes de famílias que mulheres, verifica-se uma significativa percentagem de mulheres jovens (com 18 a 26 anos) a chefiarem famílias (Figura 8.8). No bairro do Maxaquene B há mais mulheres chefes de famílias com idades compreendidas entre 27 e 35 anos e menos no grupo de idade entre 36 e 44 anos. O bairro Central B é o que apresenta a percentagem mais elevada de mulheres chefes de agregados familiares nos grupos de idade menos velhos 27 a 35 anos (44,7 %) e 18 e 26 anos (54,5 %).

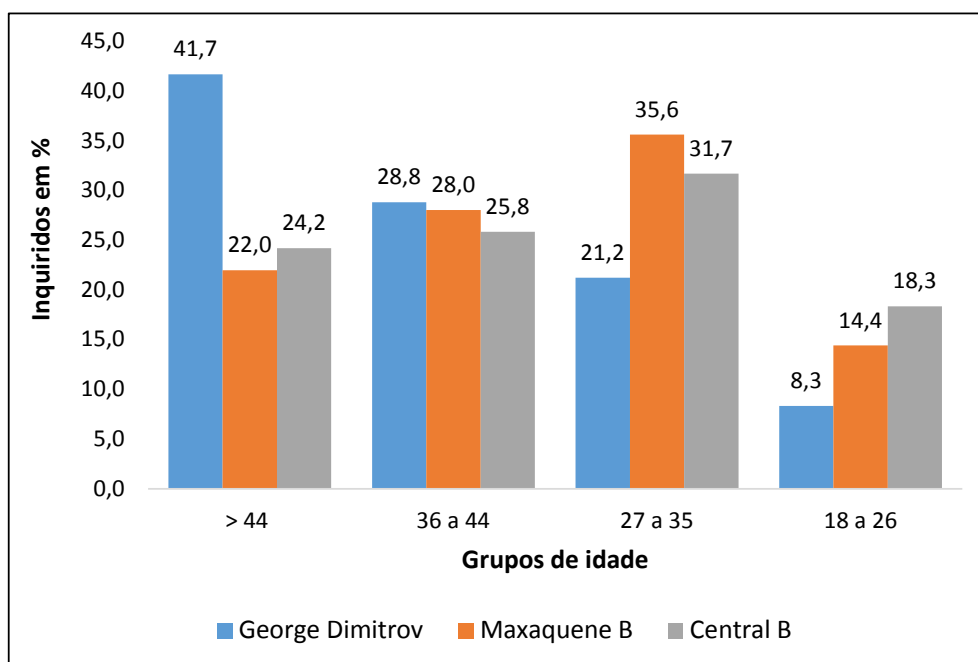


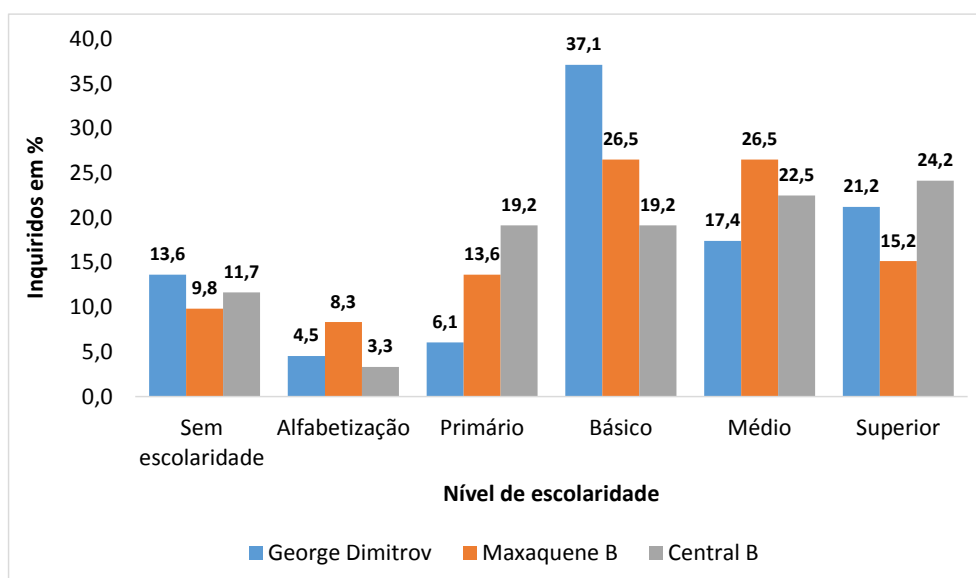
Figura 8.7 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros por grupo de idade.



Figura 8.8 – Distribuição dos inquiridos nos três bairros por género e idade.

### 8.8.2 Educação

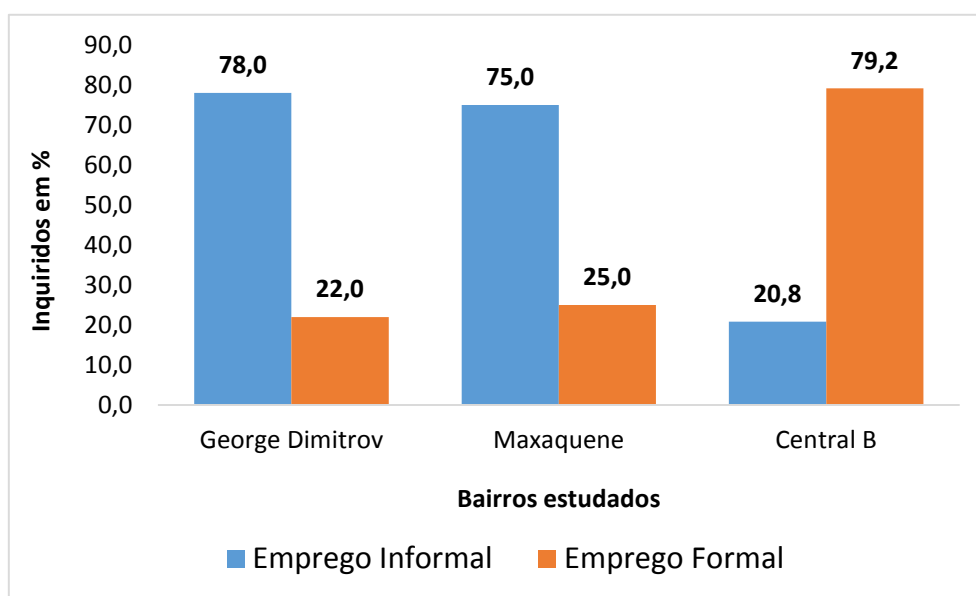
A comparação da educação escolar dos chefes de agregados familiares dos três bairros indica que a percentagem de inquiridos com o nível superior é elevada no bairro Central B (24,2 % do total) e mais reduzida em Maxaquene B (15,2 % do total), encontrando-se o bairro George Dimitrov numa situação intermédia (21,2 % do total) (Figura 8.9). Um maior número de chefes de agregados familiares com nível superior significa menor vulnerabilidade social, pois, em regra, quanto mais instruído é o indivíduo maior é a sua capacidade de reduzir a exposição e melhorar a reação em caso de incêndio.



**Figura 8.9 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros por nível de escolaridade.**

### 8.8.3 Emprego

A figura 8.10 mostra a distribuição dos chefes de agregados familiares dos três bairros estudados em função da situação do emprego e permite verificar que no bairro Central B a esmagadora maioria dos inquiridos tem emprego formal (79,2 %), o que contrasta em absoluto com os bairros George Dimitrov e Maxaquene B, onde os chefes de famílias sem emprego formal correspondem a 78,5 % e 75,0 % do total, respetivamente. Estes dados evidenciam que, em termos comparativos, o bairro Central B apresenta uma vulnerabilidade social mais reduzida do que os restantes.

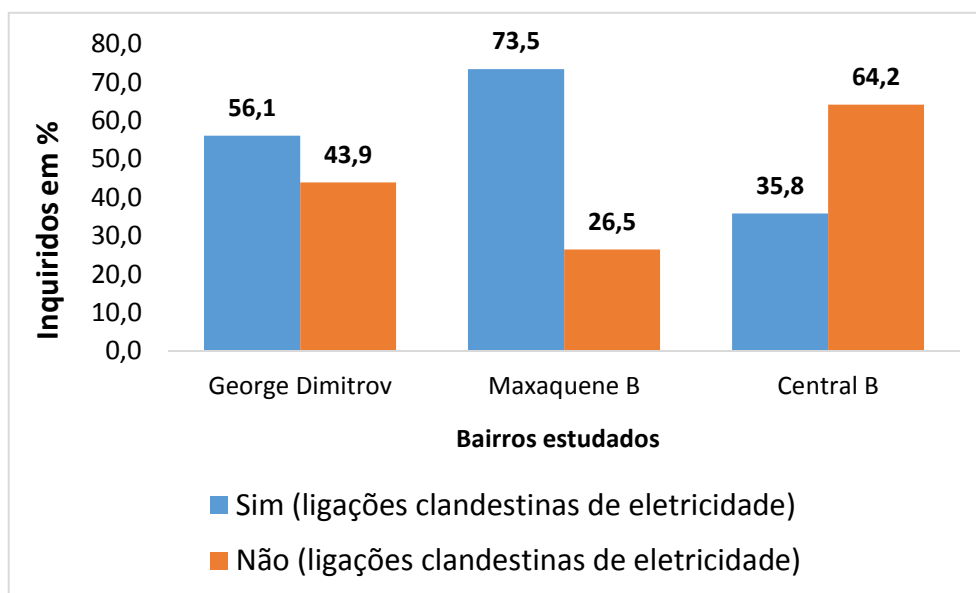


**Figura 8.10 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros em função da situação de emprego.**



#### 8.8.4 Ligações elétricas clandestinas

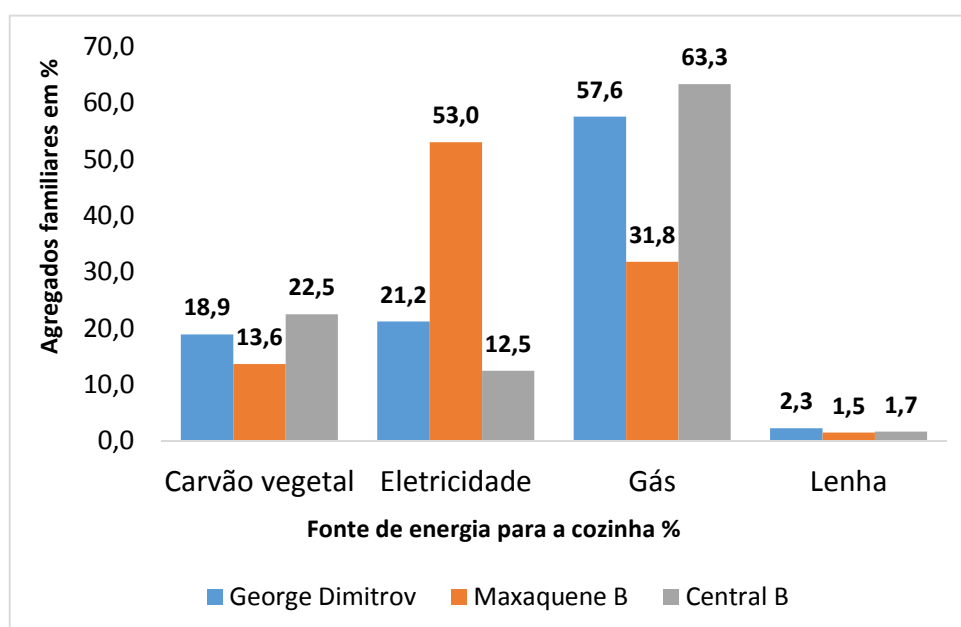
A figura 8.11 apresenta a distribuição dos inquiridos nos três bairros estudados em função de admitirem ou não a existência de ligações elétricas clandestinas, uma prática que potencia a ocorrência de incêndios urbanos em Maputo. Os resultados mostram que o bairro Central B é o que tem menor percentagem de indivíduos que admitem existirem ligações elétricas clandestinas (35,8 %), o que reforça a sua menor vulnerabilidade social quando comparado com os outros bairros. Com efeito, mais de metade (56,1 %) dos chefes de família inquiridos no bairro George Dimitrov admitem a existência de ligações elétricas clandestinas e este valor eleva-se a quase três quartos do total (73,5 %) no caso do bairro Maxaquene B.



**Figura 8.11 – Distribuição percentual dos inquiridos nos três bairros que admitem a existência de ligações clandestinas de eletricidade.**

### 8.8.5 Fonte de energia para a cozinha

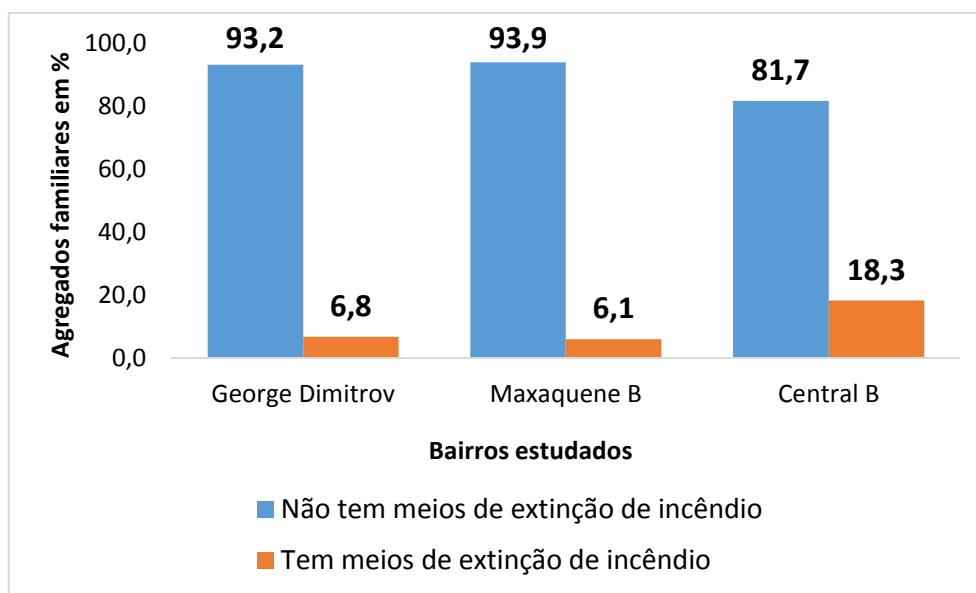
A figura 8.12 apresenta a distribuição dos agregados familiares de acordo com o tipo de fonte de energia utilizada para a cozinha e permite observar que dos três bairros estudados, Central B é o que mais utiliza gás como fonte de energia para a cozinha (63,3 %). No que respeita à utilização desta fonte de energia pelas famílias, o bairro George Dimitrov aproxima-se de Central B (57,6 % do total), ao contrário de Maxaquene B (apenas 31,8 % do total). Pelo contrário, o Bairro de Maxaquene B é o que tem maior percentagem de famílias a usar energia elétrica para confeccionar alimentos (53,0 %) seguido pelo bairro George Dimitrov e Central B (21,2 % e 12,5 % do total, respetivamente). Como se fez referência anteriormente, a eletricidade é a principal causa de incêndios urbanos em Maputo e o seu uso como fonte de energia acentua a probabilidade de novas ocorrências, pelo que estes resultados permitem concluir que o bairro Central B é relativamente menos vulnerável em comparação com George Dimitrov e Maxaquene B, sendo que o último bairro é o que apresenta a situação mais desfavorável.



**Figura 8.12 – Distribuição percentual dos agregados familiares dos três bairros por tipo de fonte de energia utilizada na cozinha.**

### 8.8.6 Capacidade de reação a incêndio

Em relação à capacidade de reação ao perigo, traduzida na disponibilidade de meios de extinção de incêndios no seio do agregado familiar, verifica-se que, no geral ela é reduzida em todos os bairros estudados (Figura 8.13 %). No entanto, o bairro Central B é o que apresenta maior percentagem de famílias (18,3 %) que dispõe de extintores de incêndios, o que robustece ainda mais a posição deste bairro como o menos socialmente vulnerável dos três. Nos restantes bairros a percentagem de famílias com capacidade de reação em caso de incêndio não atinge 10 % (Figura 8.13).



**Figura 8.13 – Distribuição percentual dos agregados familiares dos três bairros pela capacidade de reação a incêndio.**



## 9. Considerações Finais

A precariedade da rede de eletricidade, a elevada densidade da edificação e populacional, assim como o deficiente ordenamento territorial, fazem com que o Município de Maputo seja um território bastante exposto ao risco de incêndios urbanos.

O presente trabalho teve como objetivo central a análise do risco de incêndio no Município de Maputo em Moçambique, sustentada em três hipóteses: H1 – “a incidência espacial dos incêndios urbanos no Município de Maputo não é aleatória, a sua distribuição é condicionada por um conjunto de fatores demográficos e infraestruturais. Conhecendo-se os fatores que condicionam a sua distribuição é possível, através dos métodos do Valor Informativo e da Regressão Logística, prever a localização de ocorrências futuras e determinar a importância relativa de cada fator na predição espacial dos incêndios”; H2 – “o conhecimento do histórico anual de ocorrência de incêndios urbanos num passado recente pode sustentar a determinação da probabilidade de uma certa unidade geográfica (eg. bairro ou quarteirão) registar um incêndio num certo intervalo temporal, utilizando o Modelo de Distribuição de Poisson”; H3 – “existe uma propensão elevada do território e da população para a exposição a incêndios em Maputo, sendo fraca a capacidade de resposta da população para evitar consequências nefastas perante este tipo de perigo”.

A operacionalização do objetivo geral e o teste das hipóteses levantadas passou por: (i) levantamento e tratamento estatístico do histórico de ocorrências de incêndios urbanos em Maputo, entre 1999 e 2012; (ii) identificação dos quarteirões com recorrência de incêndios; (iii) identificação dos fatores condicionantes eficazes para explicar a distribuição espacial dos incêndios urbanos; (iv) determinação da suscetibilidade de ocorrência de incêndios ao nível dos quarteirões que constituem a área de estudo; (v) cálculo da probabilidade temporal de ocorrência futura de incêndios em cada quarteirão; (vi) cálculo da vulnerabilidade estrutural e

determinação do risco específico na escala do quarteirão; e (vii) análise, por amostragem, da capacidade humana para evitar consequências danosas em caso de ocorrência de incêndios.

A análise do histórico dos incêndios permitiu concluir que as deficiências nos sistemas elétricos estão associadas à ocorrência de uma parte significativa dos incêndios em Maputo (40 % do total), sendo que a esmagadora maioria dos casos ocorre em residências (61,2 % do total). Os incêndios ocorrem com maior frequência durante os meses de Julho e Agosto, ou seja, durante o inverno austral. Adicionalmente, a maioria dos incêndios ocorre das 12 às 18 (34,8 % do total) e das 18 às 24 horas (34,6 % do total), o que se deve à tendência para o incremento do consumo de energia elétrica nesses períodos, muitas vezes, culminando com curto-circuitos.

A suscetibilidade à ocorrência de incêndios urbanos em Maputo foi efetuada com recurso a dois métodos estatísticos: Valor Informativo e Regressão Logística. O método do Valor Informativo foi aplicado com recurso à totalidade da amostra de quarteirões com recorrência de incêndios urbanos nos bairros de Maputo (Modelo de Suscetibilidade 1) e utilizando apenas metade da amostra (Modelo de Suscetibilidade 2) e os resultados obtidos mostraram que existe uma grande concordância espacial entre os modelos preditivos. A validação dos dois modelos do Valor Informativo resultou em curvas ROC com Áreas Abaixo da Curva aceitáveis ( $AAC > 0,50$ ), não obstante o Modelo de Suscetibilidade 2 apresentar uma taxa de predição inferior ( $AAC=0,67$ ) à taxa de sucesso do Modelo de Suscetibilidade 1 ( $AAC=0,75$ ), diferença que se explica pela maior exigência do procedimento da validação independente utilizado na validação do Modelo de Suscetibilidade 2. Adicionalmente, o modelo de suscetibilidade baseado na Regressão Logística utilizando a totalidade dos quarteirões com recorrência de incêndios gerou resultados bastante semelhantes aos do Valor Informativo (Modelo de Suscetibilidade 1), com uma pequena vantagem para a Regressão Logística ( $AAC$  das Curvas ROC de 0,76 e 0,75, respetivamente).

O estudo das relações entre a distribuição dos incêndios urbanos e os seus fatores condicionantes mostrou que a distribuição espacial dos incêndios no Município de Maputo não é aleatória, sendo especialmente favorecida pelas seguintes combinações de condições: quarteirões com dimensão de pelo menos 10 hectares, com mais de 200 edifícios, com uma população superior a 1000 habitantes e uma densidade populacional entre 500 e 5000 hab/km<sup>2</sup>, com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços. Os incêndios são ainda favorecidos pela existência de pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho, bem como pela existência de problemas em instalações elétricas tais como equipamentos sem isolamento, potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente. Estes resultados confirmam integralmente a primeira hipótese do trabalho e respondem à primeira questão formulada no início do trabalho, a qual buscava perceber a distribuição das ocorrências de incêndios pelo Município e os fatores condicionantes que explicam essa distribuição.

Da aplicação do modelo de Poisson e da sua integração com os modelos de suscetibilidade concluiu-se que, a partir dos dados do histórico de incêndios urbanos, é possível determinar a probabilidade de ocorrência de novos eventos no futuro, assumindo que os fatores condicionantes sofrem variações irrelevantes no tempo, confirmando-se, assim, a segunda hipótese do trabalho. No Município de Maputo, as probabilidades de novos incêndios são elevadas em áreas com maior histórico de recorrência de casos, as quais coincidem, grosso modo, com bairros da zona mais antiga da cidade e de maior urbanização. Adicionalmente, regista-se que os valores das probabilidades de Poisson determinados para os bairros de Maputo são sempre superiores a 80 % no horizonte temporal de 5 anos, o que é indicador do perigo elevado associado aos incêndios urbanos. Por fim, e como seria de esperar, a perigosidade a incêndios urbanos tende a ser mais elevada nos bairros mais antigos e mais urbanizados e menor nos bairros suburbanos de Maputo. Estes resultados respondem à segunda questão da pesquisa que explorava a probabilidade de uma

certa área (bairro ou quarteirão) voltar a ser afetada por um incêndio numa determinada janela temporal.

Em relação à vulnerabilidade estrutural ou territorial (capacidade de suporte) constatou-se que, em regra, os bairros suburbanos são mais vulneráveis que os da zona urbana, facto explicado pelo fraco ordenamento territorial da zona suburbana (que se traduz nas reduzidas acessibilidades e na exiguidade de espaços de manobra para os agentes de proteção civil) e pela distância-tempo que a separa do quartel dos bombeiros, critérios de maior peso utilizados na análise da vulnerabilidade estrutural. Assim, verificou-se que os bairros com menor capacidade de suporte são: Mahotas, 25 de Junho A, George Dimitrov, Aeroporto B, 25 de Junho B, Chamanculo B, Zimpeto, Ferroviário, FPLM, Bagamoio, Luís Cabral, Inhagoia B e Malhazine.

No que diz respeito ao risco específico, obtido pelo produto da perigosidade pela vulnerabilidade estrutural, verifica-se uma descontinuidade entre e dentro dos bairros do Município, facto que é logicamente explicado pela heterogeneidade do território quanto aos fatores condicionantes e critérios considerados na avaliação da perigosidade e da vulnerabilidade estrutural, sendo que os bairros com maior risco específico a incêndios urbanos são: Malhazine, Chamanculo A, 25 de Junho A, Malhangalene A, Chamanculo B, Central A, Polana Cimento B e FPLM.

Por último, os resultados do inquérito a agregados familiares dos bairros George Dimitrov, Maxaquene B e Central B, revelam uma vulnerabilidade elevada da população a incêndios, traduzida na presença de agregados familiares numerosos (com cinco ou mais pessoas), que incluem quase sempre crianças menores de cinco anos de idade e indivíduos com hábitos de consumo de álcool e/ou de cigarro. Adicionalmente, registam-se baixos níveis de educação, desemprego, falta de informação sobre os mecanismos de prevenção e combate a incêndios e desconhecimento dos contactos de emergência dos agentes de proteção civil.



Os resultados da análise da vulnerabilidade estrutural (capacidade de suporte), do risco específico e da vulnerabilidade social (criticidade) concorrem para responder à terceira questão da pesquisa que indagava sobre a propensão do território e das populações do Município de Maputo para a exposição ao risco de incêndios e da capacidade humana e estrutural existente para evitar consequências danosas em caso de ocorrência deste tipo de perigo. Como se depreende, a hipótese 3 é apenas confirmada de forma parcial pois, embora a vulnerabilidade (estrutural e social) e o risco específico sejam elevados em certas áreas de Maputo, não são igualmente elevados em todo o território municipal. Por outras palavras, a propensão do território estudado para a ocorrência de incêndios é desigual espacialmente, e o mesmo acontece no que respeita à capacidade de resposta da população para evitar consequências nefastas perante este tipo de perigo.

### **9.1 Perspetivas para Estudos Futuros**

Os resultados alcançados no presente trabalho, embora sejam robustos e significativos estatisticamente, devem ser interpretados como ponto de partida para o desenvolvimento de futuros trabalhos de modelação do risco de incêndios urbanos em Maputo ou em outras cidades. A fiabilidade dos resultados será mais consolidada à medida que novos estudos forem realizados com uma base de dados mais alargada, que permita uma maior generalização da modelação, evitando a exclusão de espaços geograficamente homogêneos por escassez ou incongruência de dados, como aconteceu neste trabalho. Adicionalmente, é importante não perder de vista que a avaliação da perigosidade se baseou sempre na assunção de que, no futuro, os incêndios irão ocorrer em condições idênticas às que se verificaram no passado.

Face às constatações, dificuldades e limitações encaradas no desenvolvimento desta tese, sugere-se que, no futuro, se proceda ao levantamento exaustivo e rigoroso de

ocorrências registadas, com vista à construção de uma base de dados mais robusta que deverá ser integrada num SIG e atualizada constantemente para viabilizar o aprofundamento dos estudos neste domínio. Há que melhorar o modo como são efetuados os registos das ocorrências, sendo seguro que a descrição correta e exaustiva das consequências dos incêndios vai permitir incrementar a qualidade da análise do risco, também pela introdução da componente Valor.

Em relação a certas variáveis utilizadas na modelação da suscetibilidade, eg. “qualidade de instalações elétricas” seria relevante conseguir maior colaboração dos técnicos da Eletricidade de Moçambique (EDM), empresa provedora do serviço de eletricidade, no levantamento dos dados a nível dos quarteirões, com vista a permitir uma melhor avaliação técnica das instalações elétricas. Adicionalmente, seria importante ensaiar a modelação com uma parte das variáveis que se mostraram mais determinantes e testar novas variáveis no estudo da suscetibilidade e da vulnerabilidade (eg. tempo de existência dos edifícios) para verificar a sua importância, o que pode concorrer para melhorar os resultados.

Para completar a análise do risco é necessário alargar a avaliação da vulnerabilidade social a todos os bairros do Município e introduzir novas variáveis, como o acesso à saúde, o rendimento dos agregados familiares e a percentagem de indivíduos que vivem em residências arrendadas ou com residência sazonal.

## **9.2 Possibilidade de Aplicabilidade Prática do Estudo**

Embora o contexto e os objetivos do desenvolvimento do presente trabalho sejam circunscritos à obtenção do título de Doutor, admite-se que os seus resultados possam servir de base para a orientação da planificação operativa no combate a incêndios nos bairros de Maputo. Por exemplo, considerando que o estudo concluiu que os incêndios ocorrem com maior frequência durante os meses de Julho e Agosto, entre as 12 e 18

horas e das 18 às 24 horas, é possível desenhar e ativar um plano coordenado de intervenção, preparando junto com a Polícia de Trânsito e os Serviços de Saúde, os itinerários de acesso às áreas do risco e às fontes de abastecimento de água e de evacuação durante esse período.

Os resultados também podem ser usados como instrumentos de apoio na formulação de políticas públicas, por exemplo, na definição de prioridades para a aquisição dos meios de combate a incêndios, priorizando os de origem em sistemas elétricos, uma vez que se verificou que os curto-circuitos constituem o principal fator do risco no Município de Maputo. A introdução de programas de educação cívica aos munícipes sobre o risco de incêndios, com maior enfoque para as medidas preventivas, constitui igualmente uma ferramenta que fará reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência da população.



## Referências Bibliográficas

- Acioly, C., & Dadson, F. (1998). *Densidade Urbana. Um Instrumento de Planejamento e Gestão Urbana*. Rio de Janeiro: MAUAD Editora Ltda.
- Adam, B., & Loon, J. V. (2000). Introduction: Repositioning Risk; The Challenge for Social Theory. In: B. Adam, U. Beck, & J. V. Loon. *The Risk Society and Beyond. Critical Issues for Social Theory*. London: Sage.
- Adams, J. (1995). *Risk: the Policy Implications of Risk Compensation and Plural Rationalities*. London: UCL Press.
- Adger, W. (2003). Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. *Econ Geogr*, 79, 387-404.
- Adger, W., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., & Eriksen, S. (2004). *New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity*. Technical, Report 7, Tyndall Centre for Climate Change Research: Norwich.
- Ahrens, M. (2011). *Home Candle Fires*. Quincy, MA: NFPA.
- Ale, B. J. (2002). Risk assessment Practices in The Netherlands. *Safety Science*, 40, 105-126.
- Alexander, D. (2000). *Confronting Catastrophe*. Harpenden, Hertfordshire: Terra Publishing.
- Allaby, M. (2003). *Dangerous Weather. Floods*. New York: Facts On File Science Library.
- Almeida, A. B. (2003). A Gestão do Risco em Sistemas Hídricos: Conceitos e Metodologias Aplicadas a Vales com Barragens. *Actas do 6º Simpósio de*

*Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*, Cabo Verde, 647-661.

Almeida, A. B. (2011). *Gestão da Água: Incertezas e Riscos. Conceptualização Operacional*. Lisboa: Caos Editores.

Almeida, L. Q. (2010). *Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos. Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. Rio Claro: Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Unesp. Tese de Doutorado*.

Almeida, L. Q. (2011). Por uma Ciência dos Riscos e Vulnerabilidade na Geografia. *Mercator*, 10, 23, 83-99.

Almeida, R., Caridade, R. J., Grilo, F., M., A. R., Castro, M., Vinagre, P., M. Pinheiro, D.; Guerreiro, J.; C., Sousa & Mendonça, M. (1995). *Relatório do Projecto-piloto de Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal*. Centro Nacional de Informação Geográfica. Lisboa.

Alves, A. B. (2005). *Incêndio em Edificações: A Questão do Escape em Prédios Altos em Brasília (DF)*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

Anagnos, T. and A.S. Kiremidjian (1988). A Review of Earthquake Occurrence Models for Seismic Hazard Analysis. *Journal of Probabilistic Engineering Mechanics*, 3, 3-11.

Antunes, A. (2004). *Incêndios Urbanos - Prevenção, Método e Análise Social*. Lisboa: Multinova.

- Araújo, M. G. M. (2006) *Espaço Urbano Demograficamente Multifacetado: As cidades de Maputo e da Matola*. Disponível em: [www.apdemografia.pt](http://www.apdemografia.pt). Acesso em: 16 Junho. 2012.
- Areosa, J. (2008). O risco no Âmbito da Teoria Social. *Actas do VI Congresso da Associação Portuguesa de Sociologia*, 1-15.
- Aven, T. (2007). A Unified Framework for Risk and Vulnerability Analysis and Management Covering both Safety and Security. *Reliability Engineering and System Safety*, 92, 745-754.
- Aven, T. (2008). *Risk Analysis: Assessing Uncertainties Beyond Probabilities*. Chichester: Wiley.
- Aven, T. (2009). Risk Perspectives in a Decision Making Context. *Safety Science*, 47, 798-806.
- Aven, T. (2010a). *Misconceptions of Risk*. Noway: John Wiley & Sons Ltd.
- Aven, T. (2010b). On How to Define, Understand and Describe Risk. *Reliability Engineering and System Safety*. 95, 623-631.
- Aven, T., & Renn, O. (2009). On Risk Defined as an Event where the Outcome is Uncertain. *Journal of Risk Research*, 12, 1-11.
- Aven, T., & Renn, O. (2010). *Risk Management and Governance Concepts, Guidelines and Applications*. Berlim: Springer-Verlag.
- Bachmann, A., Allgower, B., 2000. The Need for a Consistent Wildfire Risk Terminology. In: Neuenschwander, L.F., Ryan, K.C., Gollberg, G.E., Greer, J.D. (Eds.). *Proceedings of the Joint Fire Science Conference and Workshop: Crossing the*

*Millenium: Integrating Spatial Technologies and Ecological Principles for a New Age in Fire Management*, Boise Idaho, June 15-17, 1999, University of Idaho, 67-77.

Baranoski, E. L. (2008). *Análise do Risco de Incêndio em Assentamentos Urbanos Precários – Diagnóstico da Região de Ocupação do Guarituba - Município de Piraquara-Paraná*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Brasil.

Barnwel, C., Rodman, S., & Koltun, J. (2005). Urban Wildfire Exposure Modeling in the Municipality of Anchorage, Alaska. *ESRI User Conference Urban Fire Risk Clustering Method Based on Fire Statistics*, 1-36.

Beck, U. (1986). *Die Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt: /Main:Suhrkamp.

Beck, U. (1992). *Risk society: Toward a new modernity*. London: Sage.

Begum, S., Stive, M. J., & Hall, J. W. (2007). *Flood Risk Management in Europe. Innovation in Policy and Practice*. Dordrecht: Springer.

Bergonse, R. V., & Bidarra, J. M. (2010). Probabilidade Bayesiana e Progressão Logística na Avaliação da Susceptibilidade de Ocorrência de Incêndios de Grande Magnitude. *Finisterra XLV*, 89, 79-104.

Berto, A. F. (1991). *Medidas de Proteção contra Incêndio: Aspectos Fundamentais a serem Considerados no Projeto Arquitetônico dos Edifícios*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.



- Berto, A. F. (1998). *Gestão da Segurança contra Incêndio em Edificações. Em Questões Atuais de Segurança contra Incêndio*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
- Bhaskaran, S., Forester, B., Paramesh, N., & Neal, T. (2001). *Integrating Remote Sensing with GIS for Urban Fire Risk Modelling: A Multi-Agent System for Dynamic Resource Redistribution*. 22<sup>nd</sup> Conference on Remote Sensing, Singapore, Vol.5, 1-6.
- Birkmann, J. (2006). *Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo, New York, Paris: UNU-Press.
- Birkmann, J. (2007). *Tsunami: Socio-Economic Insecurities - Direct and Indirect Impacts and the Post Tsunami Process, Special Focus on: Indonesia and Sri Lanka*. Background paper for the World Economic and Social Survey of UN/DESA. UN/DESA, New York.
- Blachère, G. (1966). *Savoir Bâtir - Habitabilité-Durabilité - Economie des Bâtiments*. Paris: Éditions Eyrolles.
- Blanchère, G. (1978). *Saber Construir - Habitabilidad – Durabilidad - Economía de los Edificios*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.
- Bouchard, C., & Fortin, M. (2010). *Safety and Risk Society Series. Fire in the United States: A Reference work on the Nation's Fire Problem*. New York : Nova Science Publishers, Inc.
- Braga, A. C. (2000). *Curvas ROC: Aspectos Funcionais e Aplicações*. Universidade do Minho. Tese de Doutoramento. Minho.

- Brandão, M. R. (2012). *A Avaliação da Susceptibilidade dos Incêndios Urbanos. O Caso de Estudo da Avenida Souza Cruz em Santo Tirso*. Dissertação de Mestrado. Porto, Portugal: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Brown, A., & Davis, K. (1973). *Forest fire: control and use* (2. ed.). New York: McGraw-Hill.
- Bruno, A. P. (2010). Método de Análise do Risco de Incêndio em Favelas: Uma Abordagem. *Territorium*, 17, 119-126.
- Caldas, R. B. (2008). *Análise Numérica de Estruturas de Aço, Concreto e Mistas em Situação de Incêndio*". Tese de Doutorado. UFMG Brasil.
- Campbell, S. (2005). Determining overall risk. *Journal of Risk Research*, 8, 569-581.
- Castro, C. F., & Abrantes, J. M. (2005). *Combate a Incêndios Urbanos e Industriais. Manual de Formação Inicial do Bombeiro*, Vol. X. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros.
- Castro, C. M., Peixoto, M. N., & Rio, G. A. (2005). Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. *Anuário do Instituto de Geociências-Rio de Janeiro*: UFRJ, 28-2, 11-30.
- Comissão Europeia (2004). Flood Risk Management: Flood Prevention, Protection and Mitigation. *Commission of the European Communities, COM, Final, Brussels*, 472.
- Chuvieco, E., & Congalton, R. (1989). Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping, *Remote Sensing of the Environment*, 29, 147-159.

- Coburn, A., Spence, R., & Pomonis, A. (1994). *Vulnerability and Risk Assessment*. Disaster Management Training Programme, Cambridge: Undp DHA.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques*. (Third Edition. ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Coe, J. A., Michael, J.A., Crovelli, R.A., & Savage, W.Z., 2000, Preliminary Map Showing Landslide Densities, Mean Recurrence Intervals, and Exceedance Probabilities as Determined from Historic Records, Seattle, Washington: U.S. *Geological Survey Open-File Report*, 25, 00-303.
- Coelho, A. L. (1998). *Segurança contra Incêndios em Edifícios de Habitação*. Amadora: Edições Orion.
- Coelho, A. L. (2010). *Incêndios em Edifícios*. Amadora: Edições Orion.
- Connor, C., & Hill, B. (1995). Three nonhomogeneous Poisson models for the probability of basaltic volcanism: Application to the Yucca Mountain region, Nevada. *Journal of Geophysical Research*, 100, 10107-10125.
- Conseil International du Batiment (1975). *The Performance Concept and its Terminology*. 5.1, CIB-Report, 32.
- Correia, F. N., Fordham, M., Saraiva, M. d., & Bernard, F. (1998). Flood Hazard Assessment and Management: Interface with the Public. *Water Resources Management*, 12, 209-227.
- Costa, R. P. (2009). *Determinação de Risco de Incêndios em Zonas Urbanas utilizando a Análise Multi-Critério*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Geográfica. Lisboa: Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa.

- Crespo, T. (1998). *Técnicas de Amostragem*. Lisboa, Portugal: CESD.
- Crovelli, R. (2000). Probability Models for Estimation of Number and Costs of Landslides. *U.S Geological Survey Open File Report 23*, 00-249,
- Cutter, S. B. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84, 242-261.
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20, 529-539.
- Cutter, S. L. (2003). The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, 1, 1-12.
- Cutter, S. L., & Emrich, C. T. (2006). Moral Hazard, Social Catastrophe: The Changing Face of Vulnerability along the Hurricane Coasts. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 604, 102-112.
- Cutter, Susan L.; Burton, Christopher G.; & Emrich, Christopher T. (2010) Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions, *Journal of Homeland Security and Emergency Management*: Vol. 7: Iss. 1, Article 51.
- Daéid, N. (2004). *Fire Investigation*. New York.
- Daéid, N. (2004). *Fire Investigation*. London: CRC Press.
- Douglas, M. (1985). *Risk Acceptability According to the Social Sciences*. New York: Russell Sage Foundation.
- Douglas, M. (1992). *Risk and Blame: Essays in Cultural Theory*. London: Routledge.

- Douglas, M., & Wildavsky, A. (1982). *Risk and Culture*. Berkeley: University of California Press.
- EM-DAT (2014). Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Disponível em: [http://www.emdat.be/disaster\\_profiles/index.html](http://www.emdat.be/disaster_profiles/index.html). Acesso em 12 de Março, de 2014.
- Fernandes, R. C. (2009). *Regulação na Protecção e Socorro: Segurança contra Incêndios em Edifícios*. Dissertação de Mestrado. Lisboa: ISCTE-IUL.
- Figueira, R.; Rodrigues, J. P. C. & Coelho, A. L. (2011). Avaliação do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos, Parte I – Aplicação do Método de ARICA ao Centro histórico do Funchal, *Territorium*, 18, 99-107.
- Figueiredo, E., Valente, S., Coelho, C., & Pinho, L. (2009). Coping with Risk – Analysis on the Importance of Integrating Social Perceptions on Flood Risk into Management Mechanisms - the Case of the Municipality of Águeda, Portugal. *Journal of Risk Research*, 5, 581-602.
- Fischer, F. (2003). *Reframing Public Policy: Discursive Politics and Deliberative Practices*. Oxford: Oxford University Press.
- Fischhoff, B. (1994). Acceptable risk: A conceptual proposal. *Risk: Health, Safety & Environment*, 1, 1-28.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P. & Derby, S. L., & Keeney, R. L. (1981). *Acceptable Risk*, Cambridge: University Press.
- Furness, A., & Muckett, M. (2007). *Introduction to Fire Safety Management*. Oxford: Elsevier.

- Galavotti, M. C. (2005). *Philosophical Introduction to Probability*. Stanford: CSLI.
- Garcia, R. A. (2012). *Metodologias de Avaliação da Perigosidade e Risco associado a Movimentos de Vertente. Aplicação na bacia do rio Alenquer*. Tese de Doutoramento. Lisboa: Instituto de Geografia e Ordenamento do Território- Universidade de Lisboa.
- Gomes, A. G. (1998). *Sistemas de Prevenção contra Incêndios*. Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- Gonçalves, N. (2010). *Gestão de Riscos na Indústria de Petróleo e Gás*. Disponível em: <http://www.sctsolucao.com/arquivos/riscos.pdf>. Acesso em 7 de 12 de 2011.
- Graham, J., & Weiner, J. (1995). *Risk versus Risk: Tradeoffs in Protecting Health and the Environment*. Cambridge: Harvard University Press.
- Grice, A. M. (2009). *Fire Risk. Fire Safety Law and its Practical Application*. London: Thorogood Publishing Ltd.
- Guia Geográfico-Países do Continente Africano (2014). Disponível em <http://www.africa-turismo.com/mapas/mocambique.htm>. Acesso em 12 de Outubro de 2014.
- Guillard, C., & Zêzere, J. L. (2012). Landslide Susceptibility Assessment and Validation in the Framework of Municipal Planning in Portugal: The Case of Loures Municipality. *Environment Management*, 50, (4), 721-735.
- Guivant, J., & 30.04.12], P. J. (2003). *Da Hidro-Técnica à Hidro-Política: Novos Rumos para a Regulação e Gestão dos Riscos Ambientais no Brasil*. ISSN, 43, 1678-7730.

- Guzzetti F (2005) *Landslide Hazard and Risk Assessment. Concepts, Methods and Tools for the Detection and Mapping of Landslides, for Landslide Susceptibility Zonation and Hazard Assessment, and for Landslide Risk Evaluation*. Dissertation. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn.
- Guzzetti, F., Galli, M., Reichenbach, P., Ardizzone, F., & Cardinali, M. (2006). Landslide Hazard Assessment in the Collazzone Area, Umbria, Central Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 115-131.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., & Galli, M. (2003). Estimating the Quality of Landslide Susceptibility models. *Geomorphology*, 81, 66-184.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C. (2005). *Análise Multivariada de Dados*. Porto Alegre: Artmed.
- Hall, J. R. (2010). *The Smoking-Material Fire Problem*. Quincy, MA: NFPA.
- Hamblin, W., & Christiansen, E. (2001). *Earth's Dynamic Systems*. New Jersey: Prentice Hall.
- Handmer, J., & Dovers, S. (2007). *The Nature of Policy and Institutions*. Em *The handbook of disaster and emergency policies and institutions* (pp. 29-41). London: Earthscan.
- Hasofer, A. M., Beck, V. R., & Bennetts, I. (2007). *Risk Analysis in Building Fire Safety Engineering*. Oxford: Elsevier.
- Higgins, E; Tylor, M., Jones, M., & Lisboa, P. (2013). Understanding Community Fire Risk-A Spatial Model for Targeting Fire Prevention Activities. *Fire Safety J*, 1-10.

- INE, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (2000). *Procedimento do Desenho da Amostra Mãe*. Maputo: INE.
- INE, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (2007). *Resultados Definitivos do Recenseamento Geral da População e Habitação*. Maputo: INE.
- INE, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (2009). *Recenseamento Geral de População e Habitação 2007*. Maputo.
- Istre, G., McCoy, M., Carlin, M., & McClain, J. (2002). Residential Fire Related Deaths and Injuries among Children: Fireplay, Smoke Alarms, and Prevention. *Injury Prevention*, 8, 128-132.
- Istre, G., McCoy, M., Osborn, L., Barnard, J., & Bolton, A. (2001). Deaths and Injuries from House Fires. *N Eng J Med*, 6, 344-1911.
- Ji, Y., Gu, H., & Li, B. (2010). Urban Fire Risk Evaluation of Xuzhou City based on GIS. *Key Laboratory for Land Environment and Disaster Monitoring of SBSM*, China University of Mining and Technology, Xuzhou, 1-6.
- Julião, R. P., Nery, F., Ribeiro, J. L., Branco, M. C., & Zêzere, J. L. (2009). *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal*. ANPC, DGOTDU, IGP. Lisboa: Autoridade Nacional de Proteção Civil.
- Junior, I. A. (2002). *Análise de Riscos de Incêndios em Espaços Urbanos Revitalizados*. Uma Abordagem no Bairro do Recife. Pernambuco: Universidade do Pernambuco.



- Kachenje, Y., Kihila, J., & Nguluma, H. (2010). Assessing Urban Fire Risk in the Central Business District of Dar es Salaam, Tanzania. *Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies*, Vol 3, 1, 331-334.
- Kaplan, S. (1991). *Risk Assessment and Risk Management: Basic Concepts and Terminology*. In: *Risk Management: Expanding Horizons in Nuclear Power and other Industries*. Boston: MA: Hemisphere.
- Kaplan, S., & Garrick, B. (1981). On the Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, 1, 11-27.
- Karter, M. J. (2011). *Fire Loss in the U.S. During 2010*. Quincy, MA: NFPA.
- Katsu, P. (2005). *Urban Multi-Hazard Risk Analysis using GIS and Remote Sensing: A Case Study of a part of Kolima Town, India*. Master of Science in Geo-Information Science and Earth Observation with Specialization in Natural Hazard Studies. International Institute for Geo-Information and Earth Observation. ENSCHEDE, The Netherland & DEHRADUN, India.
- Kish, L. (1995). *Survey Sampling*. Wiley Classics Library Edition. New York: John Wiley & Sons.
- Klein, F. (1982). Patterns of Historical Eruptions at Hawaiian Volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 12, 1-35.
- Knight, F. H. (1964). *Risk, Uncertainty and Profit*. Reprints of Economic Classics. First Pub. Date (1921), New York: Library of Congress Catalogue Card Number.
- Kolluru, R. (1995). Risk Assessment and Management: A Unified Approach. In: R. Kolluru, S. Bartell, R. Pitblado, & S. S. (Eds.), *Risk Assessment and Management*

*Handbook for Environmental, Health, and Safety Professionals*. New York: McGraw-Hill.

Kron, W. (2002). Flood risk = hazard x exposure x vulnerability. (keynote lecture). In: Wu et al. (eds), *Flood Defence*. New York: Science Press.

Lee, Y. (2014). Social Vulnerability Indicators as a Sustainable Planning tool. *Environment Impact Assessment Review*, 44, 31-42.

Leone, F., & Vinet, F. (2006). *La Vulnérabilité, un Concept Fondamental au Coeur des Methods d'Évaluation des Risques Naturels*. In: F. Leone, & F. Vinet, La Vulnérabilité des Sociétés et des Territoires face aux Menaces Naturelles: analyses géographique Montpellier Université Paul Valéry: Collection Géorisques, 1, 1-144.

Lidskog, R. (2008). *Scientised citizens and Democratised Science. Re-assessing the Expert-lay Divide*. *Journal of Risk Research*, 11, 69-86.

Lin, Y.-S. (2005). Estimations of the Probability of Fire Occurrences in Buildings. *Fire Safety Journal*. Elsevier, 40, 728-735.

Lizhi, W., & Aizhu, R. (2008). Urban Fire Risk Clustering Method Based on Fire Statistics. *Tsingua Science and Technology*, S1, 418-422.

Lopes, J. P., Coelho, A. L., & Rodrigues, J. P. (2011). Uma Metodologia de Avaliação do Risco de Incêndio Urbano e os Planos Municipais de Emergência. *CD do 2º Forum Internacional de Gestão da Construção – GESCON: Sistemas de Informação na Construção. Secção de Construções Civas*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 27 e 28 de Outubro.

Lowrance, W. (1976). *Of Acceptable Risk: Science and the Determination of Safety*. Los Altos: William Kaufman.

Lyall, C., & Tait, J. (2004). *Shifting Policy Debates and the Implications for Governance*. In: C. Lyall, & J. Tait, *New Modes of Governance: Developing an Integrated Policy Approach to Science, Technology, Risk and the Environment*. Aldershot: Ashgate.

Macedo, M. J. (2008). *Método de Gretener*. Lisboa: Verlag Dashöfer.

Maciel, V. F., Kuwahara, M. Y., Silva, R. d., & Oliveira, K. (2005). *Vulnerabilidades Urbanas: Uma Alternativa de Mensuração*. XXXIII Encontro Nacional de Economia, 6 a 9 de Dezembro. Rio Grande do Norte: ANPEC.

Maguire, C. (2004). *Fires from Causes Other than Electrical Malfunctions. Theory and Case Studies*. In: N. N. Daéid, *Fire Investigation*. Boca Raton London New York Washington, D.C.: Press LLC.

Malhotra, H. (1982). *Design of Fire-Resisting Structure*. New York: Chapman and Hall.

Malhotra, L. (1987). *Fire Safety in Buildings, Proposed Code For Fire Safety In Buildings for the State of São Paulo*. São Paulo: British Consulate.

Maputo, Conselho Municipal. (2010). *Perfil Estatístico do Município de Maputo 2007-2008*. Maputo: CM.

Maputo, Conselho Municipal. (2011). *Perfil Estatístico do Município de Maputo 2009-2010*. Maputo: CM.

Maroco, J. (2007). *Análise Estatística com Utilização do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.

- Marques, R. F. (2013). *Estudo de Movimentos de Vertente no Concelho da Povoação (Ilha de São Miguel, Açores): Inventariação, Caracterização e Análise da Susceptibilidade*. Universidade dos Açores. Departamento de Geociências. Açores.
- Martins, A. C. (2010). *Direito Fundamental do Cidadão: Disponibilização dos Serviços da Defesa Civil e dos Corpos de Bombeiros*. Osasco: UNIFIEO-Centro Universitário FIEO.
- Melo, E. A. (1999). *Curso de Instalações Prediais de Protecção contra Incêndio*. Brasília: FINATEC.
- Mendes, J. M., Tavares, A. O., Cunha, L., & e Freiria, S. (2011). A vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais e Tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, 93, 95-128.
- Messner, F., & Meyer, V. (2005). *Flood Damage, Vulnerability and Risk Perception – Challenges for Flood Damage Research*. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, 1-26.
- MICOA. (2008-2018). *Plano de Acção para a Prevenção e Controlo às Queimadas Descontroladas 2008-2018*. Maputo: MICOA.
- MICOA, (2007). *Programa de Acção Nacional para a Adaptação às Mudanças Climáticas (NAPA)*. Maputo: MICOA.
- Morrow, B. H. (1999). Identifying and Mapping Community Vulnerability. *Disasters*, 23, 1-18.

- Nathenson, M. (2001). Probabilities of volcanic eruptions and application to the recent history of Medicine Lake Volcano. Vecchia, A.V.U.S. *Geological Survey Open-file Report*, 71-74.
- Nathenson, M. (2001). Probabilities of Volcanic Eruptions and Application to the Recent History of Medicine Lake Volcano. In Vecchia, A.V., comp., *A Unified Approach to Probabilistic Risk Assessments for Earthquakes, Floods, Landslides, and Volcanoes*, November 16-17, 1999, Golden, Colorado: U.S. *Geological Survey Open-File Report*, 01-324, 71-74.
- Neye, J., & Donahue, J. (2000). *Governance in a Globalizing world*. Washington, DC, USA: Brookings Institution.
- Nisanci, R., Yildirim, V., & Erbas, Y. S. (2012). *Fire Analysis and Production of Fire Risk Map: The Trabzon Experience*. Trabzon, Turkey. In: Emblemssvåg, Jan *RISK Management for the Future-Theory and Cases*. Rijeka: InTech.
- Notícias, S. A.R.L (1999-2012). *Jornal Notícias-Arquivo*. Maputo: JN.
- Oliveira, S. (2012). *Incidência Espacial e Temporal da Instabilidade Geomorfológica na Bacia do Rio Grande da Pipa (Arruda dos Vinhos)*. Tese de Doutorado. Lisboa: Instituto de Geografia e Ordenamento do Território-Universidade de Lisboa.
- Ono, R. (1987). *Parameters for Quality Assurance of Fire Safety Design in High-rise Building*. Brasil: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Universidade de São Paulo.
- Ono, R., & Tomina, J. C. (2001). *Avaliação das condições de segurança contra incêndio nos edifícios de escritórios na cidade de São Paulo baseada na capacitação e nível de conscientização dos seus usuários*. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro. Anais do VI

Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Paulo: ANTAC.

Önöz, B., & Bayazit, M. (2001). Effect of the Occurrence Process of the Peaks over Threshold on the Flood Estimates. *Journal of Hydrology*, 244, 86-96.

Palomino, A. J. (2001). Grandes Incêndios Urbanos. *Mesa Redonda*. 25, 111-124.

Panizza, M. (1990). Geomorfologia Applicata. Metodi di Applicazione alla Pianificazione Territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale. *Roma: La Nuova Italia Scientifica*.

Pasqual, C. A.; Montoya, M. A. (1994). A Segurança Pública: Uma Análise de alguns Aspectos Socioeconômicos das Ocorrências de Incêndios em Passo Fundo. 1980 - 1992. *Teoria e Evidência Econômica, Passo Fundo*, 4, 123-146.

Pereira, N., & Lourenço, L. (2006). Riscos de Cheias e Inundações após Incêndios Florestais. O Exemplo das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Piódão e de Pomares. *Actas das VI Jornadas Nacionais de Prosepe*, 123-149.

Pereira, S. (2009). *Perigosidade a Movimentos de Vertente na Região Norte de Portugal. Dissertação de Doutoramento em Geógrafa Física*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto.

Pharoah, R. (2008). *Fire Risk in Informal Settlements in Cape Town, South Africa*. In: M. Pelling, & W. Ben, Disaster Risk Reduction: Cases from Urban Africa. London: Earthscan Publication.

Pidgeon, N.F. (1998). Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why we do Need Risk Perception Research. *Reliability Engineering & System Safety*. 59, 5-15.

- Piedade, A., Zêzere, J. L., Garcia, R. A., & Oliveira, S. C. (2011). Modelos de Susceptibilidade a Deslizamentos Superficiais Translacionais na Região a Norte de Lisboa. *Finisterra*, XLVI, 91, 9-26.
- Plate, E. J. (2002). Flood Risk and Flood Management. *Journal of Hydrology*, 267, 2-11.
- Primo, V. M., Coelho, A. L., & Rodrigues, J. P. (2008). Análise Estatística dos Incêndios em Edifícios no Porto 1996-2006. *1.º Fórum Internacional de Gestão da Construção – GESCON 2008: Gestão do Processo de Empreendimento de Construção*, Porto, 10p.
- Radke, J. (1995). Modeling Urban/Wildland Interface Fire Hazard within a Geographic Information System. *Geographic Information Sciences*, 1, 9-21.
- Ramos, C., & Reis, E. (2001). As Cheias no Sul de Portugal em Diferentes Tipos de Bacias Hidrográficas. *Finisterra*, XXXV, 71, 61-82.
- Ramsey, G., & Higgins, D. (1981). *Canadian Forest Fire Statistics*. Ontario: Canadian Forest Service.
- Roberds, W. (2005). Estimating Temporal and Spatial Variability and Vulnerability. Hungr, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E. (eds.) *Landslide Risk Management*. A.A. Balkema Publishers, 129-157.
- Rocha, M. C. (2012). *Incêndios Urbanos no Concelho da Amadora. O Risco de Incêndios nas Freguesias da Mina e Venteira*. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território Área de Especialização em Ambiente e Recursos Naturais Universidade Nova de Lisboa.
- Rodman, S., Koltun, J., & Barnwel, C. (2005). Urban Wildfire Exposure Modeling in the Municipality of Anchorage. *Alaska: ESRI User Conference*.

- Rowe, G., & Frewer, L. (2000). Public Participation Methods. A Framework for Evaluation. *Science, Technology and Human Values*, 3-29.
- Royal Society (1992). *Risk: Analysis, Perception and Management*. Great Britain: Royal Society.
- Santos, M., Vicente, R. F., Varum, H., Costa, A., & A R Mendes da Silva, J. (2011). Avaliação do Risco de Incêndio em Núcleos Urbanos Antigos. *2<sup>as</sup> Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos*. Portugal: Universidade de Coimbra - 3 de Junho de 2011.
- Schanze, J., Zeman, E., & Marsalek, J. (2004). *Flood Risk Management: Hazards Vulnerability and Mitigation Measures*. Ostrov: Nato Science.
- Schuman, A. H. (2011). *Flood Risk Assessment and Management. How to Specify Hydrological Load, their Consequences and Uncertainties*. London: Springer.
- Seito, A. I., Gill, A. A., Pannoni, F. D., & Ono, R. (2008). *A Segurança contra Incêndios no Brasil*. São Paulo: Projeto Editora.
- Shai, D. (Marc-AP de 2006). Income, Housing, and Fire Injuries: A Census Track Analysis. *Public Health Reports*, 121.
- Silva, G. A. (2011). *Gerenciamento de Riscos de Incêndios Ativados por Eletricidade em Sítios Históricos: Estudo de Casos em Ouro Preto-MG*. Mestrado Profissional Em Engenharia Geotécnica da UFOP. Ouro Preto.
- Slovic, P. (1987). Perception of Risk. *Science*, 236, 4799, 280-285.
- Smith, K., & Ward, R. (1998). *Floods-Physical Processes and Human Impacts*. Chichester: John Wiley and Sons.



- Sounnalath, P., Keophilavanh, A., Prangkio, C., & Arambepola, N. (2002). Fire Risk Assessment in Vientiane Lao PDR\_Hazard Mapping and Risk Assessment. *The Regional Workshop on Best Practices in Disaster Mitigation*, 97-102.
- Souza, F. (2008). *Como Funciona o Corpo de Bombeiros*. Disponível em: <http://pessoas.hsw.uol.com.br/bombeiros1.htm>. Obtido em 18 de 1 de 2013.
- Starr, C. (1969). Social Benefits versus Technological risks. *Science*, 165, 1232-1238.
- Sufianto, H. and Green, A.R. (2012). Urban Fire Situation in Indonesia. *Fire Technol*, 48, 367-387.
- Taylor, M., E., H., P.J., L., & V.Kwasnica. (2012). An Exploration of Causal Factors in Unintentional Dwelling Fires. *Risk Manage*. 14, 109-125.
- Tonelli, R. M. (2001). *Segurança Contra Incêndios em Edificações Históricas*. Curso de Formação de Soldados. Florianópolis: Biblioteca CEBMLSC.
- Tunstall, S., Tapsell, S., & Fernandez-Bilbaoet, A. (2007). *Vulnerability and Flooding: A Re-analysis of FHRC Data*. UK: European Community.
- Twibell, J. D. (2004). *Electricity and Fire*. Em N. Daéid, *Fire Investigatio*. New York: CRC PRESS LLL.
- UBPLP, U. (2013). Mapa dos Países da *União dos Bombeiros dos Países de Língua Portuguesa*. Disponível em: <http://www.ubplp.org/mapa%20assets/map.swf>. Obtido em 19 de Junho de 2014.
- UNDRO (1979). Natural Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Expert Group. *Meeting 9-12 July 1979, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva*.

- UNISDR (2012). *My City is Getting Ready*. Disponível em [WWW.unisdr.org/campaign](http://WWW.unisdr.org/campaign). Acesso em 13 de Dezembro 2013.
- US National Research Council (1989). *Improving Risk Communication*. Washington, DC: National Academy Press.
- USAID, A. (2002). *Moçambique-Cheias (1999-2000)*. Avaliação de Impacto-Actividade e Doação para o Reassentamento da População. *ER: ACT*, 803, 1-58.
- Vargas, M., & Silva, V. (2003). *Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS/Centro Brasileiro da Construção em Aço - CBCA, 1-74.
- Varnes, D. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. *Int. Assoc. Eng. Geol. UNESCO Natural Hazards Series*, 3 e 6, 1-63.
- Verde, J. C., & Zêzere, J. L. (2011). *A Cartografia de Risco de Incêndio como base para o Fogo de Gestão. VIII Congresso da Geografia Portuguesa*. Lisboa: Instituto de Geografia e Ordenamento do Território.
- Vettorazzi, C. (2000). Forest Hazard Mapping in a GIS Environment for a River Basin in the State of São Paulo, Brasil. In. *Second International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry*. Proceedings. ERIM International, 1, 10-12.
- Vicente, R., Mendes, D. S., Varum, H., & Guimarães, D. C. (2010). *Avaliação do Risco de Incêndio Urbano. Cadernos Técnicos de Apoio à Avaliação do Risco Sísmico e de Incêndio nos Núcleos Urbanos Antigos do Seixal*. Coimbra: Instituto Pedro Nunes.
- Vogel C, O'Brien K. (2004). Vulnerability and Global Environmental Change: Rhetoric and Reality. *AVISO-Informational Bulletin on Global Environmental Change and*

*Human Security*, 13, 1-8. Disponível em: <http://www.gechs.org/aviso/13/>. Acesso em: 23 de Maio de 2013.

Wang, J. H., Sun, J. H., M., L. S., Gao, L. J., & Yuen, R. K. (2011). Statistical Analysis on the Temporal-spatial Characteristics of Urban Fires Under Typical Urbanization Features. *Procedia Engineering*, 11, 437-44.

Ward, A., & Trimble, S. W. (2004). *Environmental Hydrology*. Boca Raton, Fla: Lewis Publishers.

Warda, L., Tenenbein, M., & MoVatt, M. E. (1999). House Fire Injury Prevention Update. Part I. A Review of Risk Factors for Fatal and Non-fatal House Fire Injury. *Injury Prevention*, 5, 145-150.

Wiedemann, P. (1993). *Introduction Risk Perception and Risk Communication*. Jülich: Programme Group Humans; Environment, Technology (MUT), Research Centre Jülich; Arbeiten zur Risiko-Kommunikation, 38.

Willis, H. H. (2007). Guiding Resource Allocations Based on Terrorism Risk. *Risk Analysis*, 27, 597-606.

Yan, T. Z. (1988). Recent Advances of Quantitative Prognoses of Landslide in China. In Bonnard C (ed.) *Landslides. Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, 1263-1268.

Yang, L., Heng, C., Yong, Y., & Tingyong, F. (2005). The Effect of Socioeconomic Factors on Fire in China. *Journal of Fire Sciences*, 23, 451-467.

Yevjevich, V. (1972). *Probability and Statistics in Hydrology*. Colorado: Water Resources Publications, Fort Collins.

- Yin, K., & Yan, T. (1988). Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks. *Proceedings 5th International Symposium on Landslides*, 2, 1269-1272.
- Yung, D. T. (2008). *Principles of Fire Risk Assessment in Buildings*. Toronto, Canada: Yung & Associates Inc.
- Zêzere, J. L. (1997). *Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa*. Dissertação de doutoramento em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Zêzere, J. L. (2006). Predição Probabilística de Movimentos de Vertente na Escala Regional. *Actas de las Jornadas sobre terrazas y Prevención de riesgos naturales*, 17-30.
- Zêzere, J. L. (2010). *Relatório do Programa de Perigosidade, Vulnerabilidade e Riscos no Território: Aplicação aos Movimentos de Vertente*. Provas de Agregação. Universidade de Lisboa.
- Zêzere, J. L., Faleh, A., Sadiki, A., Garcia, R., & Oliveira, S. (2009). *Modelação da Susceptibilidade a Deslizamentos na Bacia do Oued Sra (Rif central, Marrocos) com Métodos Estatísticos Bi-variados*. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos APGEOM, vol. VI, Braga, 203-210.
- Zêzere, J. L., Pereira, A. R., & Morgado, P. (2006). Perigos Naturais e Tecnológicos no Território de Portugal Continental. *Apontamentos de Geografia, C.E.G.*, 19, 1-17.